



Escola Tècnica Superior d'Enginyers  
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# METODOLOGIA PER LA PRESA DE DECISIONS EN LA INVERSIÓ D'INFRAESTRUCTURES DEL TRANSPORT MITJANÇAT L'AVALUACIO DE LA SOSTENIBILITAT

**Autor:**

Ivan Corbacho Morales

**Tutor:**

Àlvar Garola Crespo

**Titulació:**

Ing. Tècnica d' Obres  
Públiques

**Codi:**

722-TRE-OP-5250

Juny de 2011



## Resum

Aquest treball proposa un nou model per l'avaluació sostenible de les infraestructures del transport, MASIT.

El treball segueix un procés de recerca per mostrar un nou mètode amb el que valorar tot projecte de mobilitat. S'estructuren un conjunt d'elements avaluadors tant quantitatius com qualitatius extrets de diferents guies d'avaluació, per tal de realitzar una anàlisi global de tot el projecte de transport. És a dir, es tenen en compte no només criteris econòmics i monetaritzables sinó d'altres mediambientals, socials, territorials i funcionals difícils de mesurar.

Es recull part de la literatura existent d'avaluació del transport i s'explica el punt de partida del model així com les guies més utilitzades per realitzar l'estudi. Tanmateix s'introdueix a la metodologia emprada per realitzar l'avaluació.

El model MASIT és una adaptació de la metodologia generalista MIVES als projectes de transport. La metodologia consisteix en un procés d'estructuració de la decisió on es consideren tots els elements amb que s'avaluaran les alternatives, posteriorment es crea l'arbre de presa de decisió on es valorarà per part del decisor tots els elements avaluadors amb l'assignació d'un pes. L'agregació de totes les diferents avaluacions juntament amb l'importància de cada una d'elles conformen la valoració de l'alternativa estudiada. El resultat final és l'obtenció d'un índex de valor per a cada alternativa que les permet comparar per tal d'ajudar al procés de presa de decisió en la inversió per la prioritització d'un projecte envers altres.

Finalment s'ha dut a terme una exemplificació del model prenent alternatives hipotètiques. S'han utilitzat els elements avaluadors tractats i la ponderació d'aquestes per personalitats polítiques amb objectiu de dotar al model de les valoracions del decisor.

## Summary

This study proposes a new model for sustainability appraisal in transport's infrastructure.

It follows a research process to show a new method capable to assess any mobility project. Are described quantitative and qualitative indicators considered within the evaluation guides to analyse every sense of the project. That is, not only economic criteria are considered but also environmental, social, territorial and functional are evaluated, which are difficult to measure.

It includes part of the literature evaluation of transport and it explains the base model and the most used guides for the study. Also, it introduces the methodology used to conduct the appraisal.

MASIT model is an adaptation of the general MIVES methodology for transportation projects. The methodology involves a process of decision structuring which consider all the elements that evaluate alternatives, then creates the decision tree where the decision maker will value appraisal elements with assigning a weight. The aggregation of all the various assessments jointly with the importance of each one of them give up with the value of the alternative. The objective is to obtain an index value for each alternative to help in decision-making process for prioritizing investment in a project against others.

Finally it is carried out an example, formed by hypothetical alternatives, to show the results of the model. It contains the appraisal elements studied and their weightings, made by politicians in order to provide the assessment of the decision maker.

# Índex

Resum.....	3
1. Introducció .....	6
2. Estat de l'Art.....	9
2.1. Literatura tractada per establir els elements d'avaluació .....	10
2.1.1. Preàmbul .....	10
2.1.2. Manual de evaluación económica de proyectos de transporte.....	12
2.1.3. Guia per a l'avaluació de projectes de transport .....	13
2.2. Metodologia MIVES.....	15
2.2.1. Anàlisi de valor com a mesura de la sostenibilitat .....	15
2.2.2. Introducció a la metodologia MIVES .....	16
2.2.3. Delimitació de la decisió.....	18
2.2.4. Arbre de presa de decisió.....	20
2.2.5. Funcions de valor .....	21
2.2.6. Índex de valor de les alternatives .....	25
3. Model per una avaluació sostenible de les infraestructures del transport .....	27
3.1. Delimitació de la decisió.....	28
3.2. Arbre de presa de decisió.....	33
3.3. Funcions de valor .....	77
3.4. Assignació de pesos.....	114
3.4.1. Ponderació A .....	114
3.4.2. Ponderació B .....	116
3.5. Definició de les alternatives – Aplicació a uns projectes hipotètics .....	117
3.5.1. Alternativa 1: Construcció d'un nou aeroport regional .....	117
3.5.2. Alternativa 2: Millora d'una línia de ferrocarril convencional .....	120
3.5.3. Alternativa 3: Construcció d'una nova autopista metropolitana.....	122
3.6. Valoració de les alternatives .....	125
3.6.1. Resultats segons la ponderació A.....	125
3.6.2. Resultats segons la ponderació B.....	128
4. Conclusions i recomanacions .....	132
5. Bibliografia referenciada .....	135
Agraïments .....	137

# **1. Introducció**

Davant l'actual situació macroeconòmica, es pot dir que ens trobem davant del final d'un model insostenible. Tenim el repte de fomentar un nou model que fonamenti les bases per una responsabilitat global: econòmica, social i mediambiental. És per aquest motiu que cal potenciar l'estudi de l'avaluació i la planificació. L'objectiu d'aquest treball és avançar en el desenvolupament d'un model d'avaluació de projectes de transport que complementari als existents.

Amb la retallada d'obra pública s'ha fet palès la necessitat de prioritzar una sèrie d'infraestructures davant d'altres. Per realitzar la priorització, cal avaluar les alternatives en inversió d'una manera objectiva i racional, responnent als mateixos criteris i en la mateixa importància per cada cas. La fi d'aquesta avaluació és permetre una valoració diferents projectes que doni suport per la presa de decisions en la planificació de les infraestructures del transport. Es tracta d'una temàtica molt important en qualsevol moment, però que esdevé clau en les actuals circumstàncies de manca de recursos, el que accentua la necessitat d'invertir en aquelles que siguin més sostenibles. Des d'aquesta perspectiva s'integra la sostenibilitat con un eix important dins d'aquest treball.

Bona part de la literatura existent ens ofereix un seguit de procediments per definir què implica que una infraestructura sigui més satisfactòria que una altra mitjançant quantificacions monetàries. Així obtenim indicadors com el VAN o TIR que reflexen la rendibilitat global de cada projecte i condueixen a la presa de decisions. Mitjançant aquesta anàlisi no tan sols podem quantificar criteris econòmics, sinó que la literatura existent també és capaç de quantificar monetàriament els criteris socials i d'altres tecnicismes del transport.

És objecte d'aquest treball recollir els criteris més reconeguts i aplicar un mètode d'anàlisi diferenciador, no només basat en el cost-benefici, sinó també i sobre tot, en tècniques multi criteri. Per dur a terme aquesta tasca s'utilitza el model integrat de valor per l'avaluació de la sostenibilitat, MIVES en les seves sigles en espanyol, que ens permet agrupar els indicadors obtinguts en les guies d'avaluació, avaluar-los amb tècniques multicriteri, aplicar casos reals per la teoria proporcionada i obtenir els resultats comparant alternatives diferents.

Les actuals guies de disseny que avaluen projectes de transport es recolzen principalment en l'anàlisi cost benefici i en l'anàlisi financer. Malgrat que també es tenen en compte els criteris mediambientals, es tracta d'una anàlisi per separat. La metodologia MIVES concep els tres fonaments citats des de l' inici de l'anàlisi, englobant-los en un sol arbre de requeriments i per a un cicle de vida de l'objecte d'estudi.

Aquest treball s'endinsa en la metodologia d'anàlisi cost benefici existent i la complementa mitjançant l'eina MIVES.



## **2. Estat de l'Art**

## 2.1. Literatura tractada per establir els elements d'avaluació

### 2.1.1. Preàmbul

L'estudi sobre la inversió en infraestructures i serveis de transport ha estat desenvolupat extensament amb anterioritat sota la perspectiva de l'estudi econòmic. L'evolució d'aquest estudi ha conduït a la recerca de tècniques per concretar els beneficis que aporta a la societat les diferents inversions, fins i tot tenint present el cost d'oportunitat que aquestes representen. S'han creat diverses guies i manuals, basant-se principalment en l'ACB (*anàlisi cost-benefici*), que no només estudien la repercussió dels projectes d'inversions sinó que són capaços d'avaluar-los tot proposant una disposició racional de les infraestructures del transport.

Les directrius més importants per l'anàlisi cost benefici dels projectes de transport provenen d'organismes internacionals així com de diferents oficines estatals. Els darrers estudis més importants realitzats en aquest camp anomenant primer les diferents institucions són:

- Comissió Europea (2003), *Guide to Cost-Benefit Analysis of investments projects*, Unió Europea.
- Comissió Europea (2006), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)*, Unió Europea.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2006), *Evaluación económica de proyectos de transporte*.
- Office of Management and Budget (1992), *Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs*, Estats Units d'Amèrica.
- Bureau of Transport Economics (1999), *Facts and Figures in Benefit-Cost Analysis: Transport*, Austràlia.
- Transport Canada (1994), *Guide to Benefit Cost Analysis in Transport*, Canadà.
- Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer (2004), *Instruction cadre relative aux methodes d'évaluation économique des projets de transport*, França.
- Department for Transport (2004), *Transport analysis guidance*, Regne Unit.

L'estudi concret per diferents modes de transport també respon majoritàriament a l'anàlisi cost benefici, introduint en alguns casos especificacions complementaries:

- Banc Europeu d'inversions (2007), *Railway Project Appraisal Guidelines (RAILPAG)*, Unió Europea.
- Strategic Rail Authority (2003), *A guide to the appraisal of support for passenger and freight rail services*, Regne Unit.
- Group on Road Investment Evaluation (2000), *Guidelines for Road Investment Projects*, Japó.
- Ministerio de fomento, Dirección General de Carreteras (2003), *REcomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio de estudios y procesos de carretera*, Espanya.
- Department for Transport (2003), *Economic Assessment of Road Schemes. The COBA manual*, Regne Unit.
- Ministerio de Planificación y Cooperación (1997), *Manual para la cuantificación de externalidades de proyectos portuarios*, Chile
- Puertos del Estado (1992), *Manual de evaluación de inversiones en puertos*, Espanya.
- Ministerio de Planificación y Cooperación (1997), *Manual de Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Infraestructura Aeroportuaria*, Chile
- Federal Aviation Authority (1999), *FAA Airport Benefit-Cost Analysis Guidance*, Estats Units d'Amèrica.

Es poden trobar més guies com a resultat del projecte d'investigació *Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte* (PT2007-011-IAPP), en la pàgina web [www.evaluaciondeproyectos.es](http://www.evaluaciondeproyectos.es)

Des d'aquest treball s'ha pres com a base dues guies d'avaluació recentment publicades que sintetitzen bona part de la literatura existent en matèria d'anàlisi de projectes de transport i unifiquen criteris per tal d'avaluar els diferents projectes. Aquestes són:

- Col·legi d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Catalunya (2010), *Guia per a l'avaluació de projectes de transport*
- Centro de Estudios y experimentación de Obras Públicas. CEDEX (2010), *Evaluación económica de proyectos de transporte*.

Totes dues s'endinsen en l'anàlisi mitjançant el cost benefici. La guia del Col·legi de Camins introdueix a més a més una valoració de criteris no monetitzats com a valoració complementària a l'anàlisi cost benefici, ACB.

Resulten dues guies sintetitzadores dels diferents criteris d'avaluació presents en la literatura d'avaluació del transport. S'han tingut molt present a l'hora de recollir els elements d'avaluació en aquest treball i per aquest motiu se'n dedica un breu introducció en els següents apartats.

### **2.1.2. Manual de evaluación económica de proyectos de transporte**

El Centro de estudios y experimentación de Obras Públicas, CEDEX, creà a l'agost del 2010 un manual d'avaluació econòmica. Aquest resulta del projecte d'investigació *Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte* dins de la convocatòria de l'any 2007 de concessió d'ajudes per la realització de projectes d'investigació científica.

L'objectiu del projecte d'investigació fou identificar i quantificar la contribució dels projectes de transport al benestar de la societat aplicant una anàlisi cost-benefici en les inversions públiques en infraestructures i serveis de transport.

En aquest manual es proposen unes etapes d'avaluació en procés invers a la metodologia MIVES. La metodologia MIVES estableix els elements d'avaluació abans de concretar les alternatives a estudiar per tal de no interferir en la subjectivitat a l'hora de ponderar els elements avaluadors, tot plegat és el que condueix a l'anàlisi de valor. Per contra la *evaluación económica de proyectos de transporte* realitza una anàlisi particular a cada alternativa segons els criteris escaients en la definició del projecte. Es tracta de realitzar una anàlisi d'alternativa, mentre que amb la metodologia MIVES es realitza una valoració de l'alternativa. Dels resultats del procés analític del manual del

CEDE se'n pot extreure una valoració però aquesta no serà comparable en les mateixes condicions que amb la metodologia MIVES ja que els elements d'anàlisi de les alternatives vénen definits per a cada projecte, podent no ser comuns entre varies alternatives. El procés d'anàlisi d'aquest manual es pot veure en la Figura 1.

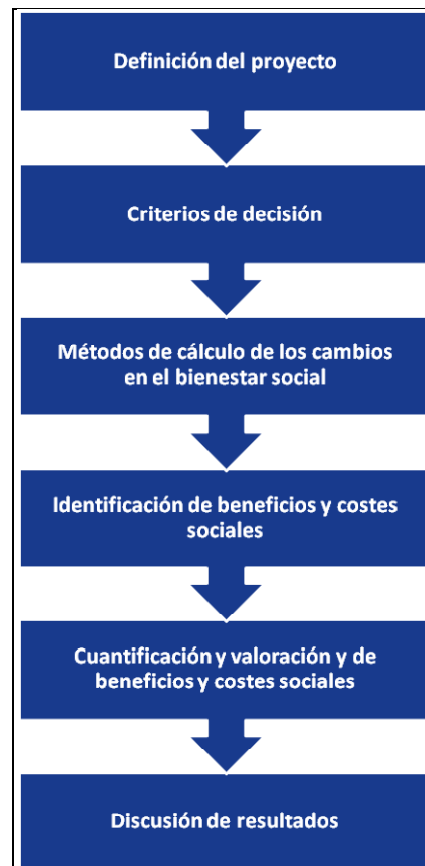


Figura 1 Etapes d'avaluació proposat pel *Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte*

Per realitzar la valoració amb la metodologia MIVES cal prendre igualment uns elements d'avaluació. Aquests, que sorgeixen del procés d'estructuració de la decisió, han estat definits amb l'ajuda dels criteris de decisió descrits en aquest Manual. S'incorpora la incertesa del procés d'avaluació com un paràmetre fonamental dins dels criteris de decisió degut al risc de la demanda o als costos, per la falta d'informació, o al desconeixement de certs paràmetres tècnics i econòmics.

### 2.1.3. Guia per a l'avaluació de projectes de transport

El Col·legi d'Enginyers de Camins Canals i Ports amb la col·laboració d'altres entitats particulars, proposà al 2010 una metodologia per l'avaluació dels projectes de transport.

L'objectiu fou que les administracions públiques avaluïn objectivament l'eficiència en les inversions en infraestructures sota un model uniformitzador dels criteris d'avaluació. La metodologia inclou una avaluació socioeconòmica, una avaluació macroeconòmica i l'avaluació d'altres criteris no monetaritzables. Com en el Manual del CEDEX, bona part dels elements d'avaluació del model proposat en aquest treball responen al criteri d'avaluar segons els paràmetres uniformitzadors proposats en la guia del Col·legi de Camins.

Si bé la guia del Col·legi de Camins engloba l'anàlisi cost benefici amb la valoració de criteris no monetaritzables, des d'aquest treball es proposa anar més enllà i establir un nou model d'avaluació incloent els indicadors estudiats en les dues guies mencionades. Per això s'utilitza l'eina MIVES seguint el seu procés d'estructuració de la decisió. Cal remarcar que no es tracta d'una metodologia substitutiva dels diferents anàlisis emprats fins ara, ja que no aprofundeix amb el rigor dels estudi ACB. És una metodologia complementaria que aporta una visió amb una eina singular i que permet recollir tots els aspectes de la valoració dels projectes de transport, també els no monetitzables i la importància de cadascun per l'avaluador, aspecte que les demés guies no introduïen i que resulta clau per la presa de decisió.

## 2.2. Metodologia MIVES

### 2.2.1. Anàlisi de valor com a mesura de la sostenibilitat

Una infraestructura d'obra civil en general és literalment sostenible si aquesta pot ser sostinguda. No tan sols sostinguda estructuralment, ja es dona per cert en un projecte d'enginyeria, si no que ha de ser capaç de conviure indefinidament amb el seu entorn global i amb un impacte negatiu nul. Aquesta premissa no és possible ja que qualsevol actuació exerceix algun efecte sobre el context en que incideix, i a més aquesta no es pot mantenir fins a l'infinit. Es tracta doncs de minimitzar les actuacions negatives de la nostra obra civil durant tot el seu període concebut.

Degut al gran pes de la indústria de la construcció en l'economia espanyola, les accions que prenem sobre l'obra civil comprometen a la societat global tant en recursos disponibles que hi destinem com en valor afegit que hi obtenim. És necessari trobar un equilibri on el desenvolupament sigui sostenible en sentit estricte, podent-se mantenir de forma indefinida implicant tots els recursos: econòmics, mediambientals, socials, ...

Un procediment que contribueix, si bé no resol, el desenvolupament sostenible mitjançant les infraestructures de transport, és optimitzar l'ús de tot tipus de recursos mitjançant l'anàlisi de valor. Per això és necessari estudiar les alternatives, els diferents projectes a realitzar, i analitzar quina d'elles és millor tenint en compte els diferents aspectes mediambientals, econòmics i socials. Podrem dir llavors que el millor projecte obtingut és també el més sostenible.

Per prendre una decisió objectiva sobre quin és el millor projecte cal comparar els paràmetres expressats amb una mateixa unitat. Aquesta tasca es realitza a través d'una funció ja que sovint els diferents criteris amb que es comparen els projectes no tenen la mateixa unitat i ni tan sols alguns d'ells són quantificables. A més a més es pot donar el cas que una alternativa superi a les demés en un determinat aspecte però no en d'altres. És per això que s'ha de ser capaç d'avaluar cada aspecte amb el valor que aporta cada indicador segons la valoració amb que avaluem la nostra infraestructura. En resum, l'anàlisi de valor és extensament útil ja que estableix una metodologia que transforma variables diferents a una mateixa unitat i pondera la seva importància relativa.

### 2.2.2. Introducció a la metodologia MIVES

MIVES es defineix com una eina d'ajuda per la presa de decisió aplicable a qualsevol àmbit. Es tracta d'una metodologia nascuda en la comunitat universitària mitjançant un conveni per desenvolupar el Projecte MIVES entre la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) i la Labein-Tecnalia. Està acompanyada per un aplicatiu informàtic per tal d'obtenir els resultats finals de l'avaluació.

És una metodologia de presa de decisió multi criteri que s'engloba dins de la teoria d'utilitat multi atribut, Keeney i Raiffa, (1976). Permet traslladar les diferents característiques dels objectes a avaluar en una sèrie de paràmetres homogenis i quantificables, que facilitin l'objectivització de la presa de l'elecció.

La metodologia es basa en considerar tots els diferents paràmetres d'avaluació, definint un model que sigui capaç de ser ponderat per cada una de les alternatives, amb una magnitud adimensional anomenada índex de valor o satisfacció. Comparant les unitats de valor de les diferents alternatives es podrà realitzar una elecció objectiva, és per aquest motiu s'incideix en una avaluació sostenible.

Per obtenir l'índex de valor de cada alternativa es realitza una agregació de les funcions de valor de cadascun dels aspectes mesurables, anomenats indicadors. Aquesta agregació consisteix en una suma ponderada de cada una de les funcions de valor segons la importància de cada paràmetre d'avaluació.

Una de les característiques més importants de la metodologia MIVES, és que el plantejament de tot el model de valoració és anterior a la creació i valoració de les alternatives. D'aquesta manera les decisions es prenen a l'inici, quan es defineix els aspectes que es tindran en compte i com seran valorats. L'avantatge d'aquest plantejament és que la presa de decisió es realitza sense que existeixi cap influència de les valoracions de les alternatives, evitant que es produeixi qualsevol tipus de subjectivitat cap a alguna d'elles.

Aquesta metodologia està definida en diverses fases per tal d'estructurar la presa de decisió, valorar la importància dels paràmetres d'avaluació i avaluar les diferents alternatives. Aquestes fases ordenades cronològicament són:



1. **Delimitació de la decisió:** es defineix qui pren la decisió, es fixen els límits del sistema i s'estableixen les condicions de contorn.
2. **Introducció de l'arbre de presa de decisió:** s'ordena de forma ramificada els aspectes que es tindran en compte en la decisió. Es crea l'anomenat arbre de requeriments, tot dividint els requeriments definits en els límits del sistema en criteris. Aquests criteris venen quantificats per l'última branca de l'arbre, que està formada pels diferents indicadors i que la seva quantificació serà avaluada segons les funcions de valor per assignar un índex de valor.
3. **Creació de les funcions de valor:** es creen unes funcions per poder obtenir valoracions de 0 a 1 de tots els indicadors de l'arbre de presa de decisió, és a dir la tasca de la funció de valor és assignar un índex de valor, unitat adimensional i comparable entre tots els indicadors. L'agregació dels diferents índex de valor conforma l'índex de valor de l'alternativa estudiada
4. **Assignació de pesos:** s'assigna l'importància relativa de cadascun dels aspectes en relació als restants, pertanyents a una mateixa ramificació de l'arbre de presa de decisió. Es pondera cada requeriment, criteri i indicador per realitzar la suma ponderada de l'índex de valor resultat de cada funció de valor.
5. **Definició de les alternatives:** es defineixen diverses alternatives factibles al problema de presa de decisió plantejat. En alguns casos, les alternatives venen prefixades a l'inici de la presa de decisió i per això no s'han de realitzar en aquesta fase.
6. **Valoració de les alternatives:** s'obté l'índex de valor per cadascuna de les alternatives plantejades.
7. **Realització de l'anàlisi de sensibilitat:** s'analitza el possible canvi de l'índex de valor de cadascuna de les alternatives en el cas que variïn els pesos o les funcions de valor definides en les primeres fases. Aquesta fase és opcional dins de la metodologia MIVES.
8. **Contrast de resultats:** es comprova, a llarg temps, si el model de valoració es segueix ajustant al que es volia valorar inicialment i si els càlculs realitzats en cadascuna de les alternatives és l'esperat. Aquesta fase pot ser considerada com una fase de control, del model i de les alternatives, i també és opcional dins de la metodologia MIVES.

### 2.2.3. Delimitació de la decisió

La presa de decisió d'estructura sota les consideracions de qui pren la decisió, dels límits del sistema i de les condicions de contorn existents.

#### *Decisor*

Es parteix de la base de que no existeix una única millor alternativa, aquesta ve definida pels interessos del decisor prèviament. En tota decisió existeixen diferents agents i diferents punts de vista, el decisor pot ser assessorat per altres, prenent aquestes valoracions com a condicions de contorn.

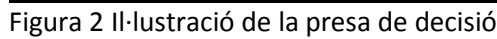
#### *Límits del sistema*

La metodologia MIVES estructura la presa de decisió en tres eixos:

- **Requeriments:** aspectes generals amb els que es valoren les diferents alternatives.
- **Components:** parts que componen les diferents alternatives.
- **Cicle de vida:** fases temporals de les diferents alternatives

Aquesta estructuració està relacionada amb l'arbre de presa de decisió ja que en ell figuren de forma ramificada tots els aspectes que seran valorats.

Depenent del decisor i de la presa de decisió, els dominis d'estudi seran uns o d'altres. En alguns casos, les alternatives estudiades poden tenir un sol component, de manera que l'estructura de la presa de decisió passa de ser una estructura 3D a una 2D amb els eixos de cicle de vida i requeriments. També es pot passar a una estructura 2D en el cas que només existeixi un únic requeriment o una única fase del cicle de vida.



Al descomposar o estructurar la presa de decisió en tres eixos, ajuda a definir de forma precisa quina és la presa de decisió a realitzar. D'aquesta forma, disminueix el risc d'oblidar-se algun requeriment, component o etapa del cicle de vida i s'obtenen valoracions d'alternatives comparables i homogènies. No s'ha de confondre aquesta estructuració amb la descomposició de la presa de decisió en varies decisions. La presa de decisió, un cop es realitza aquesta descomposició, és única

Condicions mínimes que una alternativa ha de complir per tal de ser valorada segons unes cotes màximes i, o mínimes del rang de validesa en el qual s'avalua. També cal

considerar les normatives i reglaments que condicionen d'entrada l'avaluació ja que el seu compliment és condició necessària per l'existència de l'alternativa.

#### 2.2.4. Arbre de presa de decisió

Com a resultat de l'estructuració de la decisió, en sorgeixen un conjunt d'elements amb els que s'avaluaran les alternatives. Aquests s'ordenen de forma que representin una estructura jerarquitzada que permeti una visió global de l'avaluació.

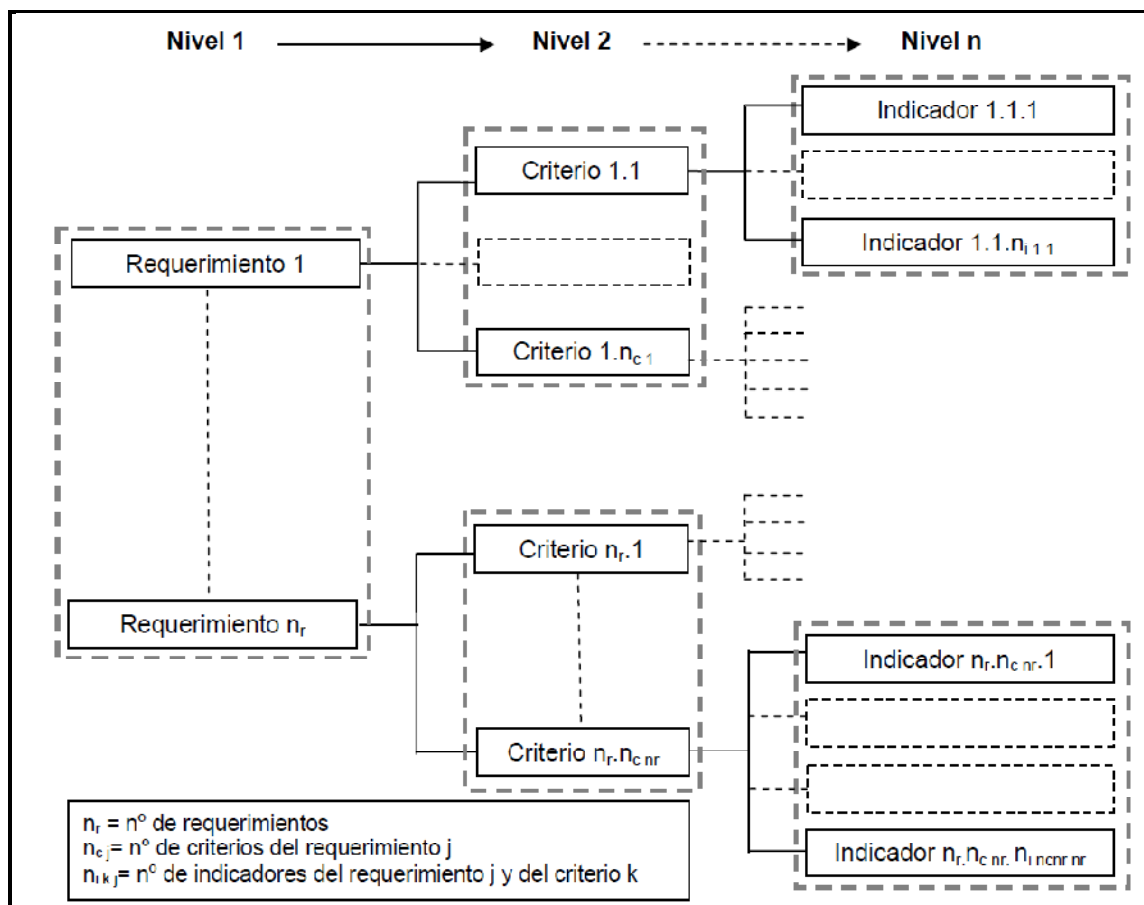


Figura 3 Estructura de l'arbre de presa de decisió

En la figura 3 es pot observar l'estructura d'un arbre de presa de decisió, aquest està format pels elements genèrics, requeriments, que conformen la branca de major jerarquia . Aquests es divideixen en criteris i aquests en indicadors. Els indicadors conformen els elements amb que es mesuren els aspectes a avaluar i concretitzen els casos d'estudi.

Es pot concebre un arbre amb més ramificacions encara que no és recomanable l'existència de més de quatre nivells ni més de vint indicadors ja que els indicadors menys importants diluirien als demés.

El nivell de requeriments i criteris responen a un caire polític o de gestió ja que per definició són les línies generals sota les quals s'avalua l'alternativa. Per contra com que els indicadors són els elements específics de l'avaluació és recomanable que siguin formulats pels tècnics i coneixedors del cas d'estudi.

Els requeriments, criteris i indicadors cal que siguin **representatius** de la decisió a prendre, **discriminants** entre les alternatives per tal que la quantificació sigui diferent i no es dilueixi la decisió, **complementaris** però **independents** per recollir tota la informació, **relatius** per no afavorir elements en valor absolut, quantificables mitjançant variables mesurables o valoracions per atributs realitzant un procés de mesura senzill i fiable, **precisos** per tal de no introduir incertesa en el procés de presa de decisió i **traçables** per poder realitzar la comparació de dades.

#### 2.2.5. Funcions de valor

Element que permet passar d'una quantificació, quantitativa o qualitativa, a una variable adimensional. Es defineix un funció per a cada indicador que assigna un índex de valor a la quantificació d'aquests. Aquest índex de valor es converteix en la mateixa unitat entre els indicadors permetent comparacions entre mesures diferents. D'aquesta forma es poden comparar variables diferents o valoracions per atributs.

Existeixen diferents funcions de valor segons l'índex de valor que cal assignar als valors del rang de la quantificació de l'indicador. Totes les funcions de valor responen a un eix d'abscisses on s'emplaça la quantificació de la variable o atribut i un eix d'ordenades que assigna l'índe valor, entre 0 i 1.

#### *Equació de la funció de valor*

Definició de l'equació de la funció de valor per obtenir l'índex de valor de l'indicador. Vàlida per funcions creixents, per a funcions decreixent cal substituir en  $V_{ind}$  el valor  $X_{min}$  per  $X_{max}$ .

$$V_{ind} = B \cdot \left[ 1 - e^{-K_i \cdot \left( \frac{|X - X_{min}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right]$$

$X_{min}$ : valor mínim del rang quantificat en abcisses

$X$ : valor d'abscissa

$C_i$ : paràmetre de forma on s'aproxima a l'abscissa del punt d'inflexió

$B$ : factor per obtenir l'índex de valor entre 0 i 1

$$B = \left[ 1 - e^{-K_i \cdot \left( \frac{X_{max} - X_{min}}{C_i} \right)^{P_i}} \right]^{-1}$$

Les formes més usals són en S, còncava, convexa o lineal

$K_i$ : paràmetre de forma on s'aproxima a l'ordenada del punt d'inflexió

$P_i$ : factor de forma

Forma	$P_i$	$K_i$
Còncava	$< 0,75$	$> 0,9$
Convexa	$> 2$	$< 0,1$
Lineal	1	= 0
S suave	$2 < P_i < 4$	$0,1 < K_i < 0,2$
S fuerte	$4 < P_i < 10$	$0,1 < K_i < 0,2$

### **Rang de quantificació d'abscissa**

L'elecció del punt  $X_{min}$  i  $X_{max}$  és important per tal de no diluir els resultats quan per les característiques de l'indicador es necessiten avaluar alternatives amb valors molt diferents. És recomanable seguir els valors màxims i mínims de diferents normatives, realitzar una comparació d'alternatives per escollir el rang òptim.

### **Formes de la funció de valor**

### Funció en S

És la funció més genèrica, l'increment o disminució de la satisfacció es detecta significativament en els valors centrals. En els punts més allunyats de  $X_{\min}$  per funcions creixents i  $X_{\max}$  per funcions decreixents s'experimenta major augment de la satisfacció.

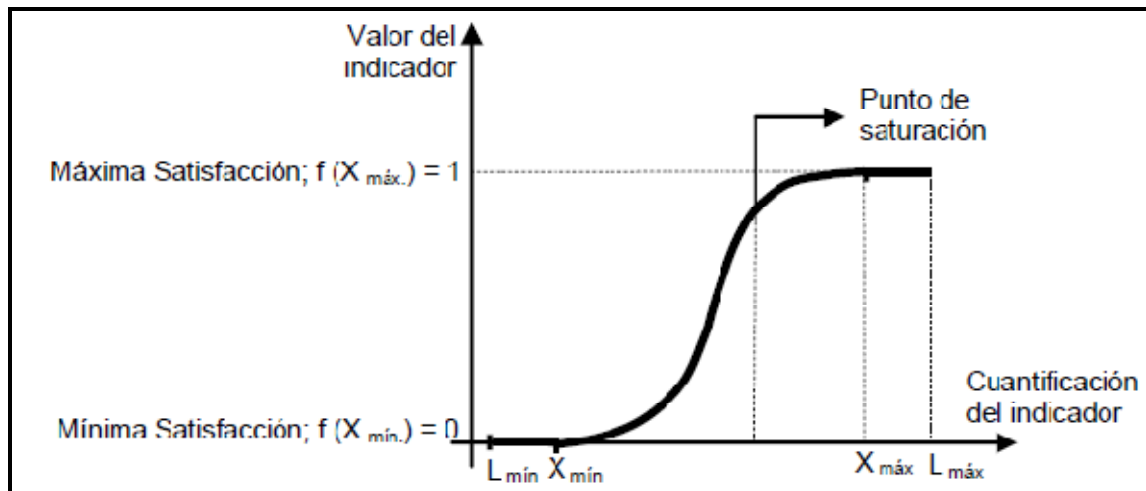


Figura 4 Funció en S creixent

### Funció convexa

Per funcions convexes creixents, la satisfacció o índex de valor, augmenta o disminueix molt més quan l'augment o disminució de la variable de l'indicador està més a prop dels valors de  $X_{\min}$ . Per funcions decreixents la satisfacció augmenta o disminueix molt més quan l'augment o disminució de la variable de l'indicador està més a prop dels valors de  $X_{\max}$ .

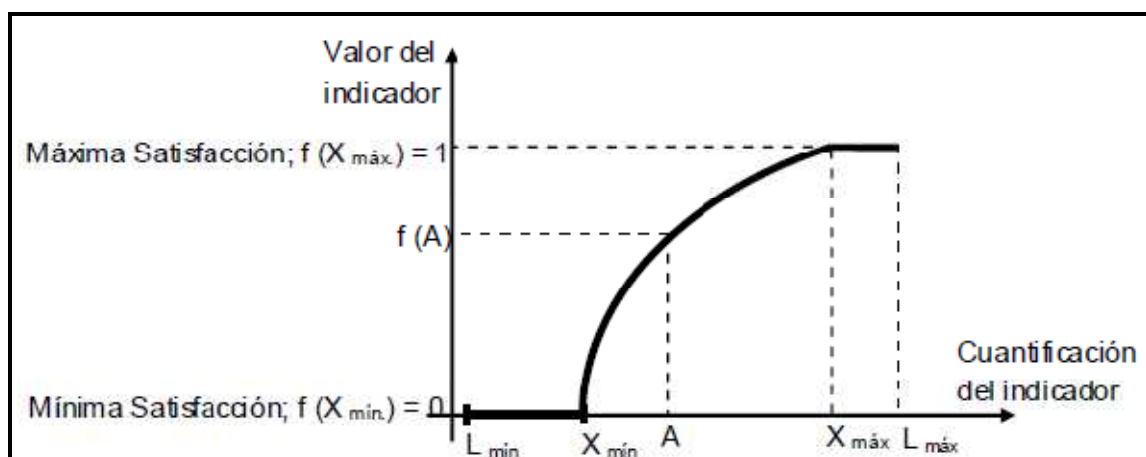


Figura 5 Funció convexa creixent

### Funció còncava

Per funcions creixent la satisfacció augmenta o disminueix molt més quan l'augment o disminució de la variable de l'indicador està més a prop dels valors de  $X_{\max}$ . Per funcions decreixents la satisfacció augmenta o disminueix molt més quan l'augment o disminució de la variable de l'indicador està més a prop dels valors de  $X_{\min}$ .

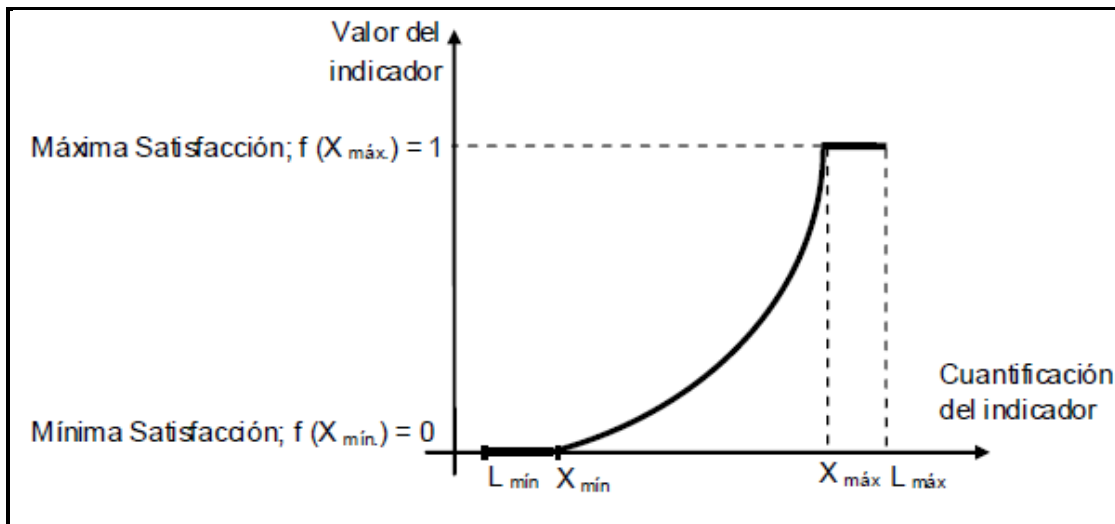


Figura 6 Funció còncava creixent

### Funció lineal

Quan existeix un augment o una disminució de la variable de l'indicador, la satisfacció augmenta o disminueix per igual independentment del punt d'abscissa.

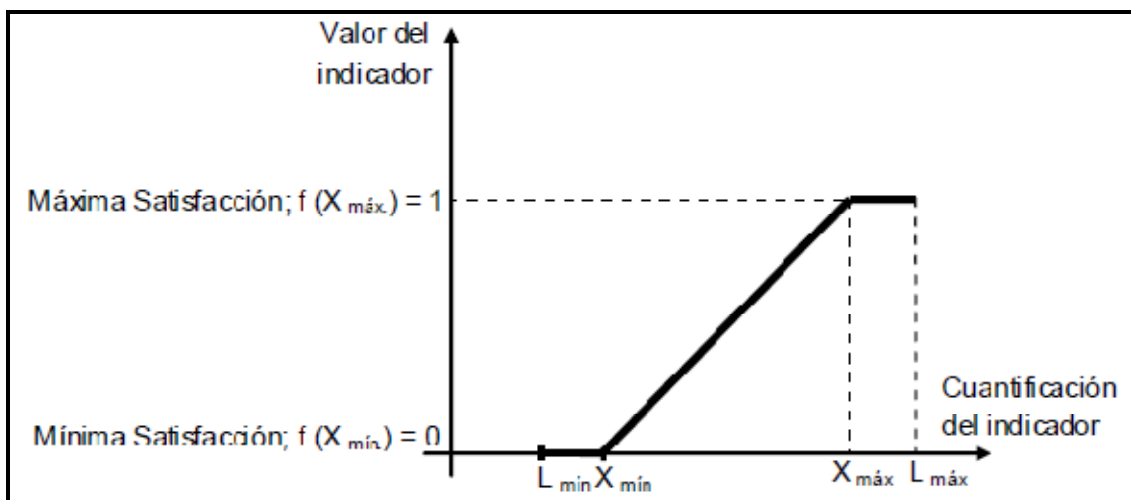


Figura 7 Funció lineal creixent



### 2.2.6. Índex de valor de les alternatives

L'obtenció de l'índex de valor de les alternatives és posterior al procés de ponderació de l'arbre de requeriments i a la valoració dels indicadors per la funció de valor. Així doncs, primer s'obté un índex de valor dels indicadors, la suma ponderada d'aquest pel seu pes relatiu s'obté l'índex de valor dels criteris. Del mateix mode l'índex de valor dels requeriments és la suma ponderada segons la ponderació dels criteris i l'índex de valor obtingut anteriorment. Finalment s'obté l'índex de valor de l'alternativa com a suma ponderada de l'índex de valor dels requeriments pel seu pes relatiu. Aquest procés s'explicita en la figura 8.

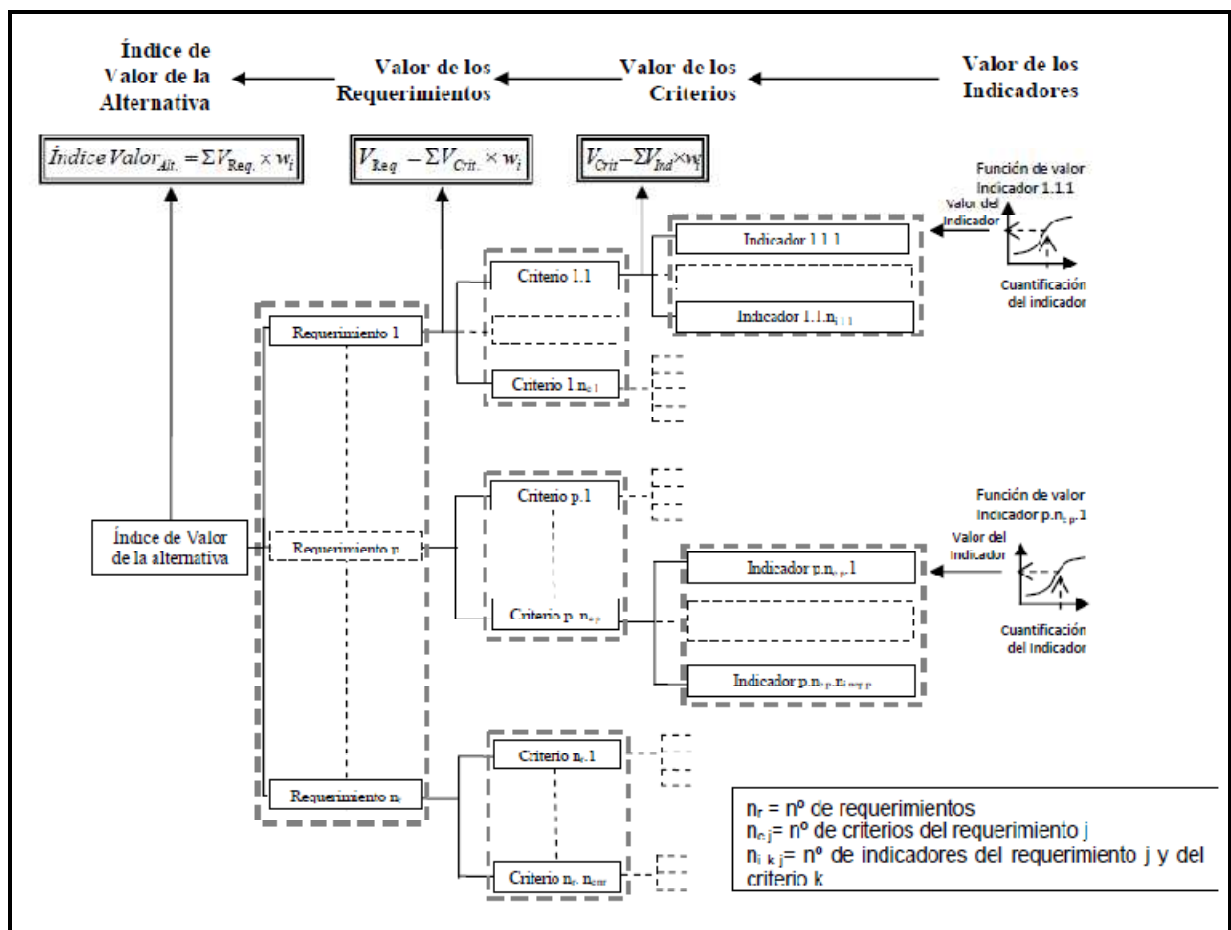


Figura 8 Esquema d'obtenció de l'índex de valor

El valor dels indicadors s'obté a partir de la funció de valor i la quantificació de l'indicador de cada alternativa tal com s'explicita en la figura 9.

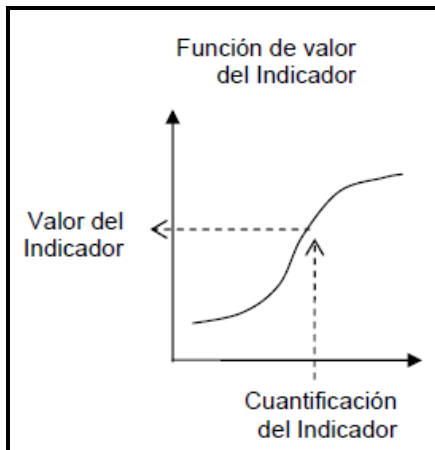


Figura 9 Índex de valor dels indicadors

EL valor dels criteris s'obté a partir del valor dels indicadors pertanyents al mateix criteri pel seu respectiu pes.

$$V_{Criterio} = \sum_{i=1}^n V_{indicador_i} \times W_i$$

El valor dels requeriments s'obté sumant el valor dels criteris pertanyents al mateix requeriment pel seu pes.

$$V_{Requerimiento} = \sum_{i=1}^n V_{Criterio_i} \times W_i$$

L'índex de valor de les alternatives s'obté sumant el valor dels requeriment pel seu pes.

$$Valor_{Alternativa} = \sum_{i=1}^n V_{Requerimiento_i} \times W_i$$

### **3. Model per una avaluació sostenible de les infraestructures del transport**

### 3.1. Delimitació de la decisió

#### Decisor

Els projectes d'obra civil en general, i concretament els projectes de transport, tenen efectes transversals en tota la societat. La planificació d'aquests es duu a terme per aquells dirigents de tot grup social que mitjançant la seva elecció condicionen uns serveis per a tota la societat (es podria arribar a definir dirigent com tot aquell qui decideix en les infraestructures d'una comunitat de persones, d'entre d'altres funcions).

Encara que una part de la societat no se n'aprofita directament de l'obra civil, també té una relació amb ella. Això es deu a que els recursos són finits, l'existència d'aquesta obra civil pot impossibilitar un altre servei del que si que se n'aprofitaria. És per això que degut a la gran repercussió social d'aquest tipus de decisions, aquestes es prenen pel grup dirigent, en totes les seves versions.

Com que no existeix un projecte que sigui millor en tots els aspectes a considerar, sinó no hi hauria objecte a decidir, la importància recau en els interessos o motivacions del decisor per a materialitzar el projecte que cregui convenient. També hi poden intervenir distints agents amb distints punts de vista (cambres de comerç, col·legis professionals, autoritats locals, ... ) definint clarament els seus interessos o tan sols limitant-se a estudiar les diferents alternatives. L'estudi que es duu a terme en aquest treball també té aplicació per a aquest últim grup, ja que malgrat que no són els decisors, obtenen una eina que recull i valora els seus criteris.

#### Límits del sistema

En aquest apartat establim el límits del sistema del projecte a avaluar, es tracta de proposar el marc on s'avaluaran les alternatives. Per això establim tres concepcions que recullen tots els aspectes i condicionants dels projectes de transport :

1. Definició de les etapes del cicle de vida.
2. Definició de les components de les infraestructures del transport.
3. Exposició dels diferents aspectes globals que afecten als projectes de transport, requeriments, per proposar els criteris de major jerarquia que definiran l'arbre de decisió.

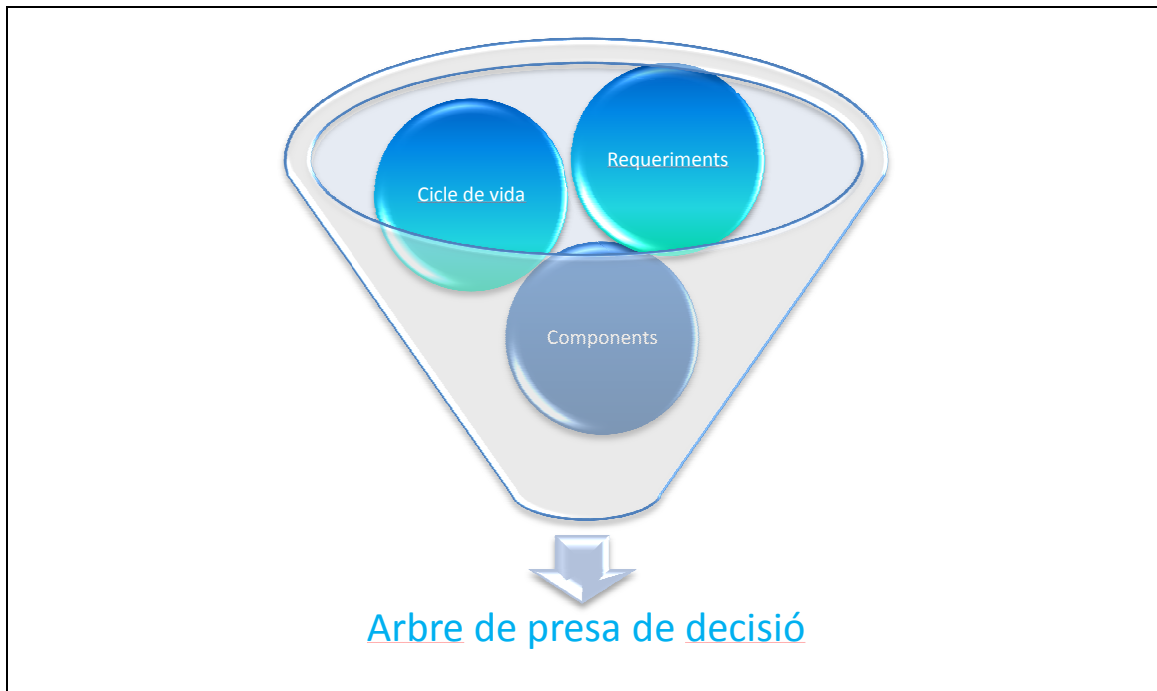


Figura 10 Estructuració de la decisió

### *Cicle de vida*

El cicle de vida d'una infraestructura del transport ha d'englobar tota la vida del projecte, des de la seva concepció fruit d'alguna necessitat fins a la reintegració en el medi de la infraestructura, passant per varies etapes que recullen portes d'entrada i de sortida de diverses activitats.

Per recollir tots els condicionants en la vida del projecte cal analitzar tots els processos i definir quines etapes influeixen i quines no, adoptant les necessàries.

Des d'aquest treball es proposa tenir en compte cinc etapes:

- Etapa de concepció.
- Etapa de materialització.
- Etapa d'ús.
- Etapa de reintegració en el medi.

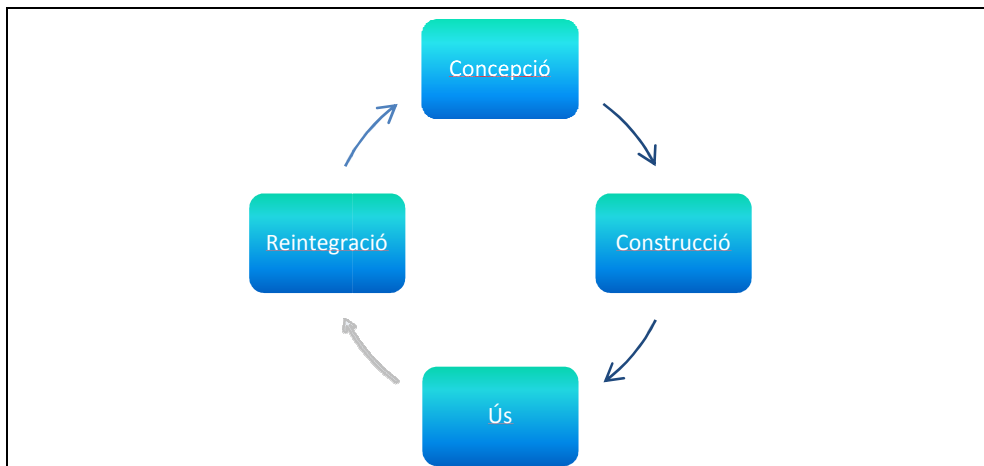


Figura 11 Cicle de vida d'una infraestructura del transport

L'etapa de concepció neix de la necessitat de la població envers d'un determinat servei. Aquesta pot ser una necessitat present en la població (per exemple, construcció d'una carretera circumval·lant per descongestionar un nucli urbà saturat) o fruit d'un planejament per crear un nou model econòmic-social (com podria ser la construcció de línies d'alta velocitat, tant viàries com ferroviàries des de nuclis poc poblats). No es tracta d'una divisió rígida ja que en molts casos els diferents projectes es conceben per tots dos motius. D'altra banda tenir-los presents ens permet introduir criteris amb els que el decisor serà capaç de prioritzar en funció d'ells.

Un cop es concep la necessitat per la qual es fa el projecte, entrem en l'etapa de materialització del mateix tal com fa referència a la tesi doctoral de Manga (2005). S'ha de projectar una de les solucions, atorgar-la als agents constructius, normalment i a efectes d'aquest treball per concurs públic, i construir-la. En aquesta etapa obtenim bastants indicadors capaços de quantificar aspectes del nostre marc avaluator, el més obvi el de cost inicial d'inversió en massa monetària.

El període d'ús d'una infraestructura va més enllà de la vida útil de la mateixa. D'aquesta fase temporal obtenim criteris avaluadors independentment del si ha estat projectada per un temps finit. Ens referim al període temporal total pel qual la infraestructura té utilitat, s'han de considerar els diferents aspectes relacionats amb l'ús de la infraestructura. En aquesta etapa hi ha portes d'entrada d'altres fases temporals. Concretament s'han de considerar portes d'entrada per la fase de concepció, com per exemple pot ser una ampliació de la infraestructura. Per tant, no només s'han de recollir

tots els aspectes referents l'ús sinó també els que possibilitin un evolució de la infraestructura.

Finalment en l'etapa de reintegració, es tracta la fase en que la infraestructura resta en desús i com es gestiona la seva reconversió. S'han de recollir tots els aspectes que incideixin en el seu reciclatge o els impactes generats pel seu abandonament.

### *Components*

Per aquest treball es considera que les infraestructures del transport estan constituïdes per:

- Infraestructures ferroviàries
- Infraestructures aeroportuàries
- Infraestructures portuàries
- Infraestructures viàries

La descomposició en components més concretes pot aportar més utilitat a l'estudi. En aquest cas creiem suficient aquesta descomposició ja que el que cerquem són tots els condicionants relatius als diferents projectes de transport i en bona part ja es recullen sota aquesta divisió. D'altra banda segregant les infraestructures aconseguim evitar disfuncions en l'anàlisi de valor, ja que el que podria tenir un alt índex de valor en una tipologia d'infraestructura pot no ser el mateix per una altra.

### *Requeriments*

En aquest apartat trobem les característiques o aspectes més importants i que s'han de tenir en compte segons les diferents etapes del cicle de vida de les infraestructures del transport. Conformaran la branca principal de l'arbre de presa de decisió. Es proposen quatre plans que a la vegada recolliran altres criteris en els seus dominis. Aquest són:

- Pla econòmic
- Social i territorial
- Funcional
- Mediambiental

El requeriment econòmic recull tots els aspectes relacionats amb els costos derivats de totes les activitats al llarg de la vida de la infraestructura, els primers i més evidents són el cost d'inversió i cost de manteniment però també s'inclouran d'altres quan integrem el cicle de vida.

El requeriment social té en compte tots els aspectes relatius a la repercussió civil del projecte en la comunitat. Conformarà la part més subjectiva de l'estudi i per tant més difícil de quantificar. També es recolliran aspectes de vertebració del territori i de seguretat en les distintes fases temporals

El requeriment funcional mostra l'eficiència del projecte i la seva utilitat. També integra aspectes relatius a la seguretat. Aquest requeriment serà de gran ajuda per poder comparar d'idoneïtat de cada alternativa.

El requeriment mediambiental concep l'impacte global de l'infraestructura en el seu entorn físic. S'estudien les externalitats ambientals, tant per la flora i la fauna, així com els efectes en l'impacte paisatgístic.

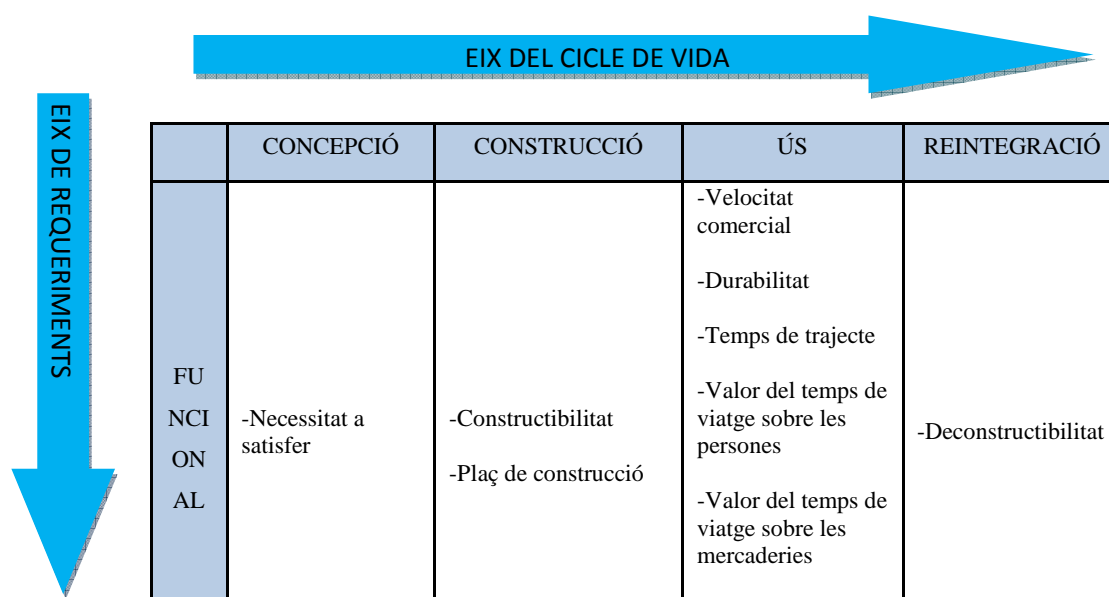


## 3.2. Arbres de presa de decisió

### Delimitació dels dominis de decisió

Un cop tenim definits els tres eixos del nostre sistema d'avaluació, podem plantejar i seleccionar detalladament l'arbre de requeriments. Cal que els criteris i els indicadors siguin independents entre sí amb les etapes del cicle de vida. Tanmateix han de conduir clarament a una presa de decisió i han de ser capaços de discriminar d'entre les possibles alternatives.

Per poder desenvolupar l'estudi, de manera que aquest englobi la totalitat dels requeriments en el conjunt de les etapes plantejades, es realitza una anàlisi matricial. Es defineixen com a eixos respectivament, els requeriments i les etapes del cicle de vida. La solució matricial planteja que l'intersecció entre les files, definides per les etapes del cicle de vida, i les columnes, que representen els requeriments, genera uns dominis. Cada domini representa una particularització de l'estudi, que es concreta per una determinada etapa del cicle de vida i per un requeriment específic. També es pot realitzar un estudi des d'un determinat requeriment per tota una etapa del cicle de vida, igualment es pot avaluar una determinada etapa mitjançant tots els requeriments a la vegada.



	CONCEPCIÓ	CONSTRUCCIÓ	ÚS	REINTEGRACIÓ
FU NCI ON AL	-Necessitat a satisfer	-Constructibilitat  -Plaç de construcció	-Velocitat comercial  -Durabilitat  -Temps de trajecte  -Valor del temps de viatge sobre les persones  -Valor del temps de viatge sobre les mercaderies  -Capacitat màxima teòrica -Capacitat màxima operativa	-Deconstructibilitat

			<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comoditat i confort</li> <li>-Accidentalitat</li> <li>-Soroll i vibracions</li> <li>-Congestió</li> <li>-Ocupació dels vehicles</li> </ul>	
EO NÒ MIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costos de planificació</li> <li>-Costos d' adquisició i preparació dels terrenys</li> <li>-Financiació</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cost de construcció</li> <li>-Costos d' interrupció</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costos de manteniment</li> <li>-Costos d'operació</li> <li>-Costos relatius als vehicles</li> <li>-Costos relacionats amb el temps d'ús</li> <li>-Costos relatius a les distàncies recorregudes.</li> <li>-Tarificació</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cost de desmuntatge</li> <li>-Cost de gestió de residus</li> <li>-Valor residual</li> </ul>
SOC IAL i TER RIT ORI AL	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Competitivitat dins dels operadors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Inserció laboral</li> <li>-Innovació mètode constructiu</li> <li>-Afectació del procés constructiu en la població</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Regressió de rendes</li> <li>-Atracció d'empreses</li> <li>-Estructura Modal</li> <li>-Millora de la competitivitat de les empreses existents</li> <li>-Atracció de nous residents</li> <li>-Augment del mercat de treball</li> <li>-Equitat social</li> <li>-Qualitat de vida</li> <li>-Beneficis col·lectivitat local</li> <li>-Reequilibri de població i activitat</li> <li>-Estructura nodal del territori</li> <li>-Millora l'atractivitat del territori</li> <li>-Efecte xarxa</li> <li>-Efecte barrera</li> </ul>	

			-Creixement urbà compacte i continu	
ME DI- AM BIE NTA L		-Gestió de cursos hídrics  -Balanc de terres  -Ús del sòl  -Impacte del procés constructiu	-Consum de recursos  -Contaminació vehicles  -Contaminació atmosfèrica  -Intrusió visual  -Contaminació del sòl  -Contaminació de l'aigua  -Canvi climàtic  -Afecció sobre el patrimoni cultural i natural	-Gestió dels materials residuals  -Inserció ambiental de l'estructura

En aquests dominis es defineixen el conjunt de criteris d'avaluació que serveixen com element d'avaluació de les diferents alternatives i que són els elements amb els que es realitza la comparació de les diferents alternatives plantejades. Aquests criteris generals han de ser quantificats mitjançant un valor numèric que serveixi d'element de comparació. Per això es defineixen els indicadors, els paràmetres de quantificació dels diferents criteris. Es planteja el conjunt d'indicadors com la subdivisió en que s'han separat els diferents criteris. Cal remarcar però que malgrat que els indicadors són quantificables, poden no ser comparables d'entre ells. Per això cal realitzar una funció de valor per cada un d'ells.

Els requeriments inicials en interacció amb les diverses fases del cicle de vida delimiten la decisió en uns dominis, anomenats també com criteris, que a la vegada han de ser quantificats per paràmetres que permeten realitzar una avaluació objectiva. Amb tot aquest conjunt es pot obtenir l'arbre de presa de decisió, jerarquitçant-ne en requeriments, criteris i indicadors. L'arbre de presa de decisió per ell mateix no és capaç d'avaluar les diferents infraestructures ja que tan sols conforma l'esquelet del nostre estudi. Cal prioritzar els criteris entre ells i assignar una funció de valor per a cada indicador a efecte de poder comparar les diferents alternatives.

## Arbre de requeriments

Des d'aquest treball es proposa un arbre de quatre requeriments, deu criteris i trenta-cinc indicadors. S' introdueix una explicació de cada criteri i indicador.

REQUERIMENTS	CRITERIS	INDICADORS
Econòmic	Cost	Cost d'inversió
		Cost de manteniment
		Cost de gestió
		Cost d'operació dels vehicles
		Cost de reintegració
	Finançament	Capacitat d'autofinançament
		Mecanismes de finançament
Funcional	Eficiència	Capacitat operativa
		Ocupació dels vehicles
		Congestió
	Qualitat	Estalvi del temps de viatge
		Velocitat comercial
		Temps d'embarcament
		Confort i fiabilitat
	Externalitats	Contaminació acústica
		Sinistralitat
		Vibracions
		Conflictivitat i rebuig local
Social i territorial	Desenvolupament socioeconòmic	Repercussió sobre el mercat laboral
		Atracció d'empreses
		Millora de la competitivitat empresarial
		Distribució de rendes
		Repercussió sobre el sector construcció
	Desenvolupament de la població	Equitat i cohesió social
		Efecte sobre la qualitat de vida
		Creixement de la població
	Equilibri territorial	Estructura de la xarxa intermodal
		Ordenació polític territorial
		Ontogènesi territorial
Mediambiental	Contaminació	Contaminació atmosfèrica
		Contaminació del sòl
		Contaminació d'aigües
	Adequació en l'entorn	Afecció sobre el patrimoni natural/cultural
		Inserció estètica
		Gestió recursos i residus
		Integració de l'estructura residual

Amb la intenció d'ubicar al decisor, s'ha elaborat una descripció de cada indicador segons les guies d'avaluació de projectes de transport del CEDEX, del Col·legi d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona, el PEIT i reflexions diverses.

De la mateixa manera, també s'ha indicat una instrucció sota la que es mesura cada indicador. Aquesta respon a una recopilació de la valoració explicada en la descripció i als valors necessaris a introduir en les funcions de valor. Per alguns casos l'especificació de la mesura pot semblar una repetició de la descripció, el que s'intenta és facilitar al decisor la inserció dels indicadors en l'eina MIVES respecte a com han estat programats per la seva valoració a través d'un paràgraf clarificador. S'han considerat dos tipus de mesures:

- Mesures quantitatives:

*La quantificació de l'indicador ... es realitza mitjançant el valor ... . La unitat per mesurar-ho serà en ... i s'expressarà en ... .*

- Mesures qualitatives:

*La quantificació de l'indicador ... es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressarà en ....*

### **Criteri Cost**

Un criteri per avaluar una infraestructura és el relatiu al cost, entès com a cost econòmic, per dur a terme el projecte i les activitats necessàries pel seu funcionament al llarg de tot el cicle de vida de la infraestructura. La quantificació de la majoria dels seus indicadors és directa ja que generalment es mesura en unitats monetàries, representen el valor monetari dels recursos que la societat està disposada a contribuir per a la seva realització.

Indicador Cost d'inversió
Descripció
Dels diferents costos d'inversió, per aquest treball es considera com el cost associat al procés de construcció d'una nova infraestructura, el cost de reforma o el cost de modificació d'una infraestructura ja existent. També es considera cost d'inversió com aquell necessari per l'adquisició d'actius per la posta en servei de nous serveis o

modificació dels existents. Dins de la guia d'avaluació del CEDEX es distingeixen quatre subcategories de costos d'inversió com són els costos de planificació, costos d'adquisició del terreny, costos de construcció i costos d'interrupció. A efectes de la nostra avaluació aquests costos s'han de considerar dins d'un mateix cost d'inversió, simbolitzant en molts casos una estimació orientativa.

El procés d'estimació pot resultar complicat i degut a que es realitza ex ante, poden aparèixer nous costos d'inversió no previstos inicialment. Fins i tot existint un cost d'inversió pressupostat, sol ser habitual que sorgeixin desviacions o sobre costos. Aquesta incertesa pot condicionar erròniament la presa de decisió ja que l'alternativa escollida pot resultar amb un cost d'inversió final allunyat de l'estimat, conduent a que la comparació d'alternatives realitzada prèviament resulti no concloent i invalidaria el procés de presa de decisió. Malgrat això, es considera que la incertesa, en menor o major grau, per determinar ex ante tot cost d'inversió és inherent a tot projecte de infraestructura. Per tant qualsevol alternativa es comparable amb una altra malgrat resultar possiblement amb desviacions no concebudes. D'altra banda davant de projectes amb un alt grau d'incertesa es recomana penalitzar la seva valoració realitzant una quantificació major.

#### Mesura

La quantificació del *cost d'inversió* es realitza mitjançant el valor monetari dels recursos necessaris per dur a terme el projecte. La unitat per mesurar-ho és en € i s'expressa en milions d'euros.

#### Indicador Cost de manteniment

##### Descripció

S'entén com a cost de manteniment tots aquells costos necessaris per a que la infraestructura mantingui les condicions òptimes per la seva operativitat durant la vida útil del projecte. A diferències d'altres guies que estableixen dins de cost de manteniment el relatiu al dels vehicles i d'altres actius, per aquest treball aquests no es consideren dins del cost de manteniment com a tal ja que es recullen en d'altres indicadors, concretament dins del cost d'operativitat dels vehicles.

S'ha d'estimar el valor del cost de manteniment ja que es tracta d'un cost variable en funció de la utilització de la infraestructura. Per exemple la repavimentació d'una carretera, o el bateig en línies de ferrocarril. D'altra banda existeix un cost fix mínim, amb periodicitat normalment anual, que pot ser descrit pel constructor i que respon al cost de manteniment de la infraestructura per la seva degradació en el temps per causes previstes. Aquestes poden ser entre d'altres: degradació anual per agents climàtics (que indueix a un cost com per exemple el pintat de protecció d'estructures metàl·liques), o per tècniques de construcció (com pot ser la restitució de la força de pretesat a llarg temps en certes estructures així dissenyades).

#### Mesura

La quantificació del *cost de manteniment* es realitza mitjançant el valor monetari dels recursos necessaris per l'operativitat òptima de la infraestructura. La unitat per mesurar-ho és en euros i s'expressa en milions d'euros per any.

Indicador Cost de gestió
Descripció
<p>El cost de gestió normalment s'engloba conjuntament amb el cost de manteniment de la infraestructura ja que també considera els recursos necessaris per l'operativitat de la infraestructura. Es diferencien en que mentre que el cost de manteniment recull les inversions necessàries per mantenir la seva capacitat operativa de disseny al llarg del temps, el cost de gestió recull el cost d'explotació per desenvolupar la funcionalitat de la infraestructura.</p> <p>Es pot concloure que el cost de gestió recull les despeses per oferir els serveis propis de la infraestructura. Un exemple seria el cost dels sistemes de gestió del trànsit (des de panells digitals en carreteres fins a vaixells pilots en ports comercials), o els sistemes d'explotació de mercaderies en ports y aeroports, amb la seva logística i personal que comporten.</p> <p>Cal tenir molt en compte el nombre d'usuaris, ja que les despeses per l'explotació de la infraestructura tenen relació directa amb la demanda. Per tant es tracta d'una</p>

quantificació purament estimada, valorant que és un cost variable.
<b>Mesura</b>
La quantificació del cost de gestió es realitza mitjançant el valor monetari dels recursos necessaris per la funcionalitat òptima de la infraestructura. La unitat per mesurar-ho és en euros i s'expressa en milions d' euros per any.

<b>Indicador Cost d'operació dels vehicles</b>
<b>Descripció</b>
<p>El cost d'operació dels vehicles representa la despesa a realitzar per desenvolupar la plena funcionalitat del vehicle. Es tracta d'un valor que recull el cost per trajecte segons el cost dels recursos energètics per mobilitzar el vehicle i el cost de manteniment del mateix motivat pel desgast durant el trajecte.</p> <p>Es tracta d'un cost que no avalua directament la infraestructura sinó la tipologia de trajecte ja que el cost de funcionament del vehicle no només té relació amb el disseny de d'aquesta, sinó també en la seva explotació (limitacions de velocitat, congestió, ... ) i en els recursos energètics necessaris durant el trajecte.</p> <p>Referent a aquest últim aspecte, la guia del Col·legi de Camins recomana separar el consum de combustible de la resta de costos d'operació en el cas de vehicles privats en projectes viaris. De fet el consum de combustible representa un cost primordial per calcular els costos d'operació i a la vegada està subjecte a una evolució de preus diferencials i a un consum directament lligat a l'eficiència dels vehicles, el que condiciona l'adequació de les dades estimades. A més, en el cas dels estudis ACB, com que es tracta d'un cost amb una alta taxa de gravació d'impostos cal evitar les transferències que aquests representen.</p> <p>Pel nostre cas d'estudi, es considera el cost de combustible dins del cost d'operació dels vehicles a mode d'estimació, aplicant una despesa estandarditzada segons el tipus de vehicle per quilòmetres recorreguts.</p> <p>Degut a que el temps de vida d'una infraestructura generalment és molt gran, pot ser</p>



normal que el cost d'operació dels vehicles sigui diferent al del moment de concepció del projecte de transport. Per aquest motiu i segons el criteri del programador, es pot realitzar una valoració positiva del cost d'operació quantificant a la baixa si es preveu una millora en la tecnologia dels vehicles o l'ús d'un recurs energètic desitjat.

Per aquest treball la quantificació del cost d'operació dels vehicles no es considera en termes monetaris degut a la manca d'informació en determinats vehicles, aquest indicador és habitual per carreteres, on es pot delimitar no només el consum energètic sinó el cost per desgast del vehicle. Per tal de recollir aquest indicador i fer notar de la seva existència al decisor, es recull una valoració qualitativa segons la pregunta: *el nou projecte de transport genera un estalvi en termes de costos d'operació dels vehicles ?* Si la resposta es positiva s'assigna el valor 0, mentre que si és negativa s'assigna el valor 1.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *cost d'operació dels vehicles* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant els elements booleans 0 o 1.

Indicador Cost de reintegració
Descripció
<p>És el cost que té per la societat reintegrar la infraestructura residual un cop aquesta resta abandonada en el terreny fruit del seu desús. Aquest indicador no es recull normalment en les guies d'avaluació de projectes de transport ja que es refereix a un paràmetre més enllà dels períodes d'avaluació i més enllà de la vida útil de la infraestructura. També es pot concebre com a cost inicial de restitució del terreny per una nova activitat, considerant-lo en l'etapa inicial, i no la final, del cicle de vida.</p> <p>Es tracta de quantificar un cost difícil de concebre per diferents motius. D'inici, la reintegració d'una infraestructura no sempre es duu a terme ja que aquesta pot transformar-se al llarg del temps però mantenint la mateixa tipologia de projecte transport (per exemple la Via Augusta en l'actual AP-7). A més a més es tracta d'un cost de difícil actualització ja que no se sap del cert el període real en que la societat deixarà d'utilitzar plenament la infraestructura. Malgrat això, cal considerar el cost de</p>

reintegració en aquest treball ja que l'avaluació ha de recollir tot el cicle de vida del projecte, també aquells indicadors en les etapes més inversemblants o difícils de quantificar. Encara que no es realitzi una quantificació fidedigna, el decisor ha de comptar amb aquest paràmetre alhora d'avaluar el projecte globalment.

D'altra banda, resulta una quantificació directe en aquelles infraestructures en les que el seu abandó ha produït una alteració en altres activitats (per exemple problemes d'inestabilitat del subsòl resultat de l'escolament d'aigües en túnels ferroviaris abandonats en zones urbanes). En aquests casos la reintegració de la infraestructura abandonada consisteix en dur a terme aquelles accions que possibilitin la normal activitat de l'entorn. Tanmateix, la reintegració d'una infraestructura pot ser motivada per iniciar una nova activitat, amb una tipologia d'ús diferent, adequant la reintegració en una reconversió (és el cas del programa *Vías Verdes* que reconverteix la infraestructura ferroviària abandonada en senderi i itineraris per cicloturismes). La quantificació és directe ja que es recull el valor monetari necessari per la reconversió de l'antiga infraestructura en el nou projecte.

#### Mesura

La quantificació del *cost de reintegració* es realitza mitjançant el valor monetari dels recursos necessaris per retornar la infraestructura abandonada a l'estat inalterat de l'entorn o reconvertir-la per una nova activitat. La unitat per mesurar-ho és en euros i s'expressa en milions d'euros.

### **Criteri Finançament**

El finançament resulta un criteri fonamental en la materialització de tot projecte de transport. La necessitat de finançament així com el mecanisme per realitzar la inversió, determina la càrrega als usuaris, o a la resta de la població, repercutint sobre la demanda o la qualitat entre d'altres aspectes.

Indicador Capacitat d'autofinançament
Descripció
En aquest indicador es consideren les possibilitats de com obtenir i utilitzar els recursos, bé per una autofinançament del projecte o per una finançament deficitària total o

parcial. Segons les condicions d'exploració de la infraestructura i les rendibilitats que s'obtenen, alguns projectes de transport retornen el seu cost inicial i financen el seu manteniment. Per contra, existeixen d'altres els que la seva explotació no permet retornar el capital inicial i ni tan sols és autosuficient el seu manteniment.

Així doncs es mesura el grau en que un projecte de transport és capaç de gestionar els recursos necessaris amb els beneficis obtinguts. No es tracta de valorar una taxa de retorn, sinó estimar el valor net dels recursos necessaris que no es poden obtenir per l'ús de la pròpia infraestructura. En definitiva considerar el grau de dèficit del projecte.

Existeixen diverses situacions de finançament de les infraestructures del transport: finançament deficitari de la infraestructura mitjançant càrrec als pressupostos públics, recaptant taxes als usuaris juntament amb un finançament públic de la resta del capital deficitari o autofinançament de la pròpia infraestructura mitjançant la seva explotació. Seguint aquest criteri, aquest indicador es mesura segons una valoració qualitativa prenent els valors 1, 2 o 3 segons les respectives situacions.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *capacitat d'autofinançament* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3.

Indicador Mecanismes de finançament
Descripció
<p>Els <i>mecanismes de finançament</i> és un indicador molt tractat en la literatura d'avaluació econòmica dels projectes de transports, estudiat segons diferents autors i sota diferents perspectives. Cada autor el tracta d'una forma diferenciada segons els criteris del seu estudi. Des d'aquest treball es segueixen les directrius del PEIT, uniformitzant els mecanismes de finançament, malgrat que poden existir altres formes d'agrupar els mecanismes de finançament més o menys encertades.</p> <p>Es distingeixen dos fonts principals de finançament: finançament pressupostari, on el contribuent paga a última instància la infraestructura, o finançament extra pressupostari, on el cost recau en l'usuari o beneficiari. Cal remarcar la diferència amb l'indicador</p>

*capacitat d'autofinançament*, ara no es mesura la necessitat de capital deficitari de la infraestructura sinó el mecanisme per finançar-se, pot ser que una infraestructura sigui autosuficient però es convingui un mecanisme de finançament amb càrrecs als contribuents per raons que responen a criteris més enllà de l'avaluació del transport.

Es concreta cada mecanisme mitjançant:

#### Finançament pressupostari

***FP\_A Inversió directa:*** inversió amb fons públics dels diferents departaments competents segons el mode de transport. El pagament es realitza mitjançant certificacions d'obra computant íntegrament com a despesa pública.

***FP\_B Inversió indirecte, transferències de capital:*** el capital invertit es una transferència de l'Estat a l'agent inversor públic, generalment altres administracions o empreses públiques. El patrimoni d'aquesta inversió correspon a l'agent inversió malgrat que el capital necessari és a càrrec dels pressupostos de l'estat i per tant la inversió computa com a despesa pública des del moment del compromís d'abonament.

***FP\_C Inversió diferida, abonament total:*** inversió amb fons públics on el pagament del cost total es realitza després de l'acta de recepció y no per certificacions periòdiques. Es genera despesa pública des del moment en que es genera el compromís de pagament. Mecanisme relatiu al *mètode alemany*.

***FP\_D Inversió diferida, peatge a l'ombra:*** pagaments periòdics de l'administració, cada pagament computa com a despesa pública en l'exercici corresponent al pagament. La inversió inicial és finançada pel sector privat amb un compromís de pagament de l'administració segons l'ús de la infraestructura i sota un preu determinats. Per aquest treball es considera també dins d'aquesta tipologia tot finançament on la inversió s'hagi de retornar sota aquestes característiques, pot ser el cas del servei de gestió d'infraestructures.

#### Finançament extra pressupostari

***FE\_A Concessió d'obra pública:*** els usuaris suporten el cost de la inversió mitjançant

el pagament d'unes tarifes pactades entre l'Estat adjudicatari del contracte de concessió i l'agent privat encarregat del programa d'inversions i l'explotació de la infraestructura.

**FE\_B Fórmules creuades de finançament:** finançament d'una obra amb els recursos generats per l'explotació d'una altra infraestructura. Es regeix sota un contracte entre l'Estat i un agent privat. El cost dels recursos es recapta mitjançant els usuaris.

**FE\_C Associacions público-privades, crèdits participatius:** entitats creades conjuntament entre l'Estat, o entitats públiques, i els agents privats per tal de construir o explotar una infraestructura. L'agent privat assumeix el risc de construcció i el risc de demanda per tal que la inversió no computi com a despesa pública. L'administració realitza aportacions de capital considerades com a inversions financeres, sense computar com a despesa pública, a societats inversores (crèdits participatius) amb capacitat de gestió pròpia i amb expectatives de recuperació de l'aportació.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *mecanismes de finançament* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant els valors FP\_1, FP\_2, FP\_3, FP\_4, FP\_5, FE\_1, FE\_2 i FE\_3 segons els mecanismes de finançament que representen.

### **Criteri Eficiència**

El criteri *eficiència* s'insereix dins del requeriment *funcionalitat* del projecte de transport. No tan sols s'ha d'avaluar el valor de la funció del propi projecte sinó que també cal contemplar com s'utilitzen els recursos per dur-la a terme. Això implica aprofitar el millor possible els recursos de la infraestructura així com dels vehicles i d'altres agents involucrats en la mobilitat dels usuaris.

Indicador Capacitat operativa
Descripció
S'entén per capacitat d'una infraestructura com el flux que una infraestructura és capaç de suportar per unitat de temps. Un indicador d'eficiència és aquell que relaciona el

nombre d'usuaris que hi circulen per la infraestructura amb el nombre d'usuaris que hi podrien circular. Així doncs, es tracta de relacionar la capacitat màxima operativa amb la capacitat màxima de disseny. Es poden arribar a obtenir termes d'eficiència majors a la unitat ja que la capacitat màxima operativa pot assolir els fluxos per la qual ha estat dissenyada i d'altres suplementaris com a resultat d'una pèrdua en la qualitat de la infraestructura. És a dir, la capacitat màxima operativa pot ser major que la de disseny empitjorant les condicions d'ús per les que ha estat planejada.

La tipologia d'infraestructura condiciona la manera de mesurar la capacitat de la infraestructura ja que el flux suportat es pot concebre segons nombre d'unitats circulants per diferents escales temporals. Per exemple, la capacitat d'un port comercial es sol avaluar per TEUs/any mentre que la d'una carretera per vehicles/hora. La determinació d'un o d'altre escau en les característiques i el mètode d'explotació de cada d'infraestructura. Es recomana seguir els diferents indicadors per a cada tipologia:

	Característiques principals	Unitat de mesura	Consideracions addicionals
Carretera	Número de carrils i ample de la carretera	Vehicles/hora	Percentatge de tràfic de vehicles pesats
Aeroports	Número i longitud de pistes, gran quantitat de serveis addicionals	número d'operacions /hora	Existència de sistemes d'ajuda en el vol,...
Ports	Existència de terminal de contenidors, tipologia de serveis addicionals	TEUs/metre linial de moll/any (per mercaderies contenitzades) i tones/dia (a dojo i altres mercaderies)	Característiques dels bucs
Ferrocarril	Electrificació de la línia, existència de doble via	Moviments/dia	Sistemes de senyalització i número de vies, estacions

Font: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte\_CEDEx

Malgrat que existeixen diferents formes de mesurar la capacitat, en aquest treball es determina un coeficient (capacitat màxima operativa/capacitat màxima de disseny), per tal de poder comparar les diferents tipologies d'infraestructura.

Com que es tracta de realitzar una avaluació ex-ante, s'hauran d'estimar els valor de la capacitat màxima operativa en funció de l'oferta de mobilitat i la demanda per part dels

usuaris al llarg del temps. D'altra banda la capacitat màxima de disseny és una dada que pot ser valorada en el propi projecte ja que depèn principalment de factors físics (ample de carril, nombre de pistes, ... ). En l'estimació de la capacitat màxima operativa, es tracta d'avaluar si pels valors previstos una infraestructura és més encertada que una altra, independentment de si aquests valors seran els que finalment es produiran.

#### Mesura

La quantificació de la *capacitat operativa* es realitza mitjançant el flux màxim de vehicles o usuaris per unitat de temps. La unitat per mesurar-ho és el relatiu a la taula anterior segons cada tipologia de transport i s'expressa amb el quocient capacitat màxima operativa i capacitat màxima de disseny.

$$c = \frac{C_{operativa}}{C_{disseny}}$$

#### Indicador Ocupació del vehicles

##### Descripció

Una mesura de l'eficiència del projecte de transport és l' ocupació dels vehicles en tant en quant es mesura el grau en que s' aprofita la capacitat màxima de mobilitat segons la quantitat de passatgers en el vehicle o el grau d'ocupació en general de qualsevol vehicle, no tan sols en passatgers sinó també per mercaderies.

Aquest indicador té una relació indirecte amb el de congestió donat que a baixos valors d'ocupació dels vehicle per un mateix nombre d'usuaris, se'n genera un major volum de vehicles. El que condueix a un major grau de saturació de la infraestructura. Per tant, el mode com s'agrupen els usuaris, ja siguin passatgers o mercaderies, és un indicador significatiu del grau d'eficiència del projecte de transport. A major grau d'ocupació dels vehicles, més eficiència en la tipologia del projecte de transport ja que s'aprofita més la capacitat de mobilitat de la infraestructura.

D'altra banda, també és un indicador que mesura indirectament la gestió dels vehicles ja que els operadors privats del transport tendeixen a assolir un alt valor d'ocupació per tal d'assolir rendibilitats en el mode d'operació. Un exemple en són les companyies àrees

ja que operen amb diferents aeronaus segons el grau de demanda per tal d'assolir el màxim valor d'ocupació, cas anàleg als dels operadors ferroviaris o als operadors de rutes marítimes per mercaderies. Pel transport en carretera el grau d'ocupació també és significatiu, en aquest cas com a indicador de la ineficiència del mode de transport donat que es solen registrar valors baixos en l'ocupació dels vehicles. Respecte a aquesta tipologia, els factors que regeixen l'ocupació són més difícils de determinar ja que l'operador és el propi usuari, qui es pot regir també per comportaments socials i no tan sols de rendibilitat com en els casos anteriors.

Es tracta d'un valor estadístic, molt lligat a la tipologia de transport. A la vegada existeixen mesures correctores i condicionants econòmics que incideixen en el grau d'ocupació.

#### Mesura

La quantificació de l'*ocupació dels vehicles* es realitza mitjançant el nombre de d'usuaris i segons la capacitat de cada vehicle. La unitat per mesurar-ho és el nombre de passatgers, o unitat de mercaderia, que ocupen el vehicle respecte a l'ocupació màxima dels vehicles que hi circulen i s'expressa cada terme com a valor mig de la infraestructura respecte dels diferents vehicles que hi circulen.

$$O = \frac{O_{real}}{O_{màx}} \text{ del vehicle mig}$$

#### Indicador Congestió

##### Descripció

Prenem la congestió com un indicador invers d'eficiència ja que fa referència directament a la ineficiència de la infraestructura. D'altra banda, la congestió pot ser adequada, i fins hi tot necessària, en certes infraestructures per tal d'ordenar la demanda al presentar una incomoditat en l'usuari que el faci rebutjar l'ús en certs períodes de demanda punta. En aquest treball es considera la congestió com una externalitat negativa, es tracta d'una manca de capacitat de la infraestructura o d'una mala gestió de la mateixa que fa que els recursos de la infraestructura no siguin aprofitats adequadament en tant que la mobilitat dels usuaris es veu reduïda.



La congestió és molt present en els sistemes de transports ja que mentre que l'oferta es manté constant al llarg del temps, la demanda varia arribant a períodes de màxima afluència, on es pot arribar a superar l'oferta de mobilitat amb la que la infraestructura ha estat dissenyada.

Es tracta d'avaluar els costos que cada infraestructura genera per la congestió que s'hi pot ocasionar a través de la variació dels temps de viatge i del valor d'aquest temps de viatge. No es pretén penalitzar la congestió en sí, sinó qualificar amb un índex de valor baix a aquelles infraestructures amb alts costos de congestió. La quantificació dels costos de congestió es realitza a partir del valor del temps de viatge durant el període en que s'experimenta la mateixa. Aquest és un indicador extremadament difícil de quantificar ja que malgrat que existeixen estudis on es quantifica el valor del temps de viatge, és difícil assignar un valor en el moment de congestió ja que aquest depèn de moltes variables. A més, abans caldria establir que s'entén per congestió ja que no existeix una categoria de tràfic assignada directament com congestió ni tampoc un consens en relació al període de temps en el que s'experimenta.

Degut a la dificultat existent per quantificar la congestió com a cost monetari, s'estableix una valoració qualitativa. Es defineix una escala de 1 a 4, on el valor 1 representa que la nova infraestructura experimentarà una nul·la congestió, el valor 2 si experimentarà poca congestió, el valor 3 si n'experimentarà bastant i el valor 4 si la nova infraestructura tendirà a experimentar molta congestió.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *congestió* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

### *Criteri Qualitat*

Mesurar la qualitat d'un projecte de transport implica avaluar les propietats de transport que percep l'usuari referides a qualsevol infraestructura. Concretament, es valora la funcionalitat de tot projecte a partir dels objectius de mobilitat a aconseguir i a partir de

la satisfacció de l'usuari. Per això, ens referim que una infraestructura és de gran qualitat no tan sols per les seves característiques tangibles que percep l'usuari en forma de confort sinó també pels seus objectius a assolir, com per exemple la reducció del temps de viatge i la millora de l'accessibilitat.

Indicador Estalvi del temps de viatge
<p><b>Descripció</b></p> <p>És l'indicador que recull en part el cost del temps de desplaçament del projecte de transport, incloent el temps de trajecte i també el d'espera en l'embarcament del vehicle en aquelles infraestructures que ho requereixen. Es calcula segons el cost de viatjar abans i després de la materialització del projecte de transport, acció que introdueix uns estalvis en el temps del viatge.</p> <p>El valor d'aquest temps de viatge depèn de factors externs al propi projecte ja que es pren com a eina per quantificar-lo la predisposició a pagar pel viatger per obtenir un estalvi de temps o el cost d'oportunitat de les persones o mercaderies durant el temps del trajecte. En l'últim cas, l'avaluació recau en quant valúos sigui aquest cost d'oportunitat, ja que consegüentment tindrà més sentit planificar mecanismes per aconseguir un estalvi en el temps del trajecte. El cost d'oportunitat o la predisposició a pagar ve directament lligat amb la renda dels usuaris i amb els motius del viatge, per tant es fa extremadament difícil quantificar-ho fidedignement quan els usuari són persones. Existeix literatura d'avaluació econòmica que tracta la forma d'avaluar el temps de viatge segons la productivitat, renda del territori, mètodes de preferència, tipologia de viatge, ... . En el cas del transport per mercaderies el valor del temps de viatge és directe ja que està quantificat en proporció al cost assumit per les empreses distribuïdores en absència de la infraestructura. D'altra banda, la mesura del valor del temps de viatge pot ser molt complicada en determinades situacions, no sempre existiran dades que recullin la predisposició a pagar pels usuaris pel que es necessitarien estudis concrets. Per aquest treball reduïm l'estudi en l'indicador qualitat com a estalvis del temps de viatge, sense mesurar el valor d'aquest estalvi de temps. Malgrat aquesta simplificació continua sent un indicador significatiu de la qualitat d'un projecte de transport i un factor que ajuda en la presa de decisió de la prioritització de diferents projectes</p>

A més, l'externalitat de la congestió podria alterar la valoració del temps de viatge ja que s'introdueix incertesa i incomoditat el que podria augmentar la predisposició a pagar per l'usuari, la congestió introdueix un factor desviador de la realitat.

#### Mesura

La quantificació de l'estalvi del temps de viatge es realitza mitjançant el temps del viatge abans i després de la materialització de la nova infraestructura . La unitat per mesurar-ho és en hores i s'expressa com a quocient entre el temps estalviat i els temps necessari abans del nou projecte.

$$\mathcal{T} = \frac{t_{abans\ del\ nou\ projecte} - t_{després\ del\ nou\ trajecte}}{t_{abans\ del\ nou\ projecte}}$$

#### Indicador Velocitat comercial

##### Descripció

Aquest indicador recull un dels paràmetres més significatius que incideix en el temps de viatge, (diferenciar del valor del temps de viatge descrit anteriorment). La *velocitat comercial* es refereix a la velocitat mitja que té com a resultat un temps de trajecte determinat. Respon a la velocitat del vehicle com a resultat del temps i la distància del trajecte, i no a la velocitat màxima o mínima que es pot desenvolupar, tenint un paper rellevant les aturades durant el trajecte.

La percepció de l'usuari és d'una satisfacció major quan s'experimenta una velocitat continua durant tot el trajecte, evitant parades, el que a la vegada fa augmentar la velocitat comercial. S'estableix un coeficient, velocitat comercial del trajecte respecte a la velocitat màxima que es pot assolir, considerant un major grau de qualitat quan més s'aproximin ambdues velocitats, ja que previsiblement incidirà en un major grau de satisfacció de l'usuari a la vegada que s'aprofitarà millor els recursos del projecte de transport.

No resultaria comparable mesurar l'indicador velocitat comercial com a un valor absolut ja que les diferents tipologies de transport divergeixen molt i sense resultar significatiu el valor d'una en l'altre. En canvi el valor relatiu de velocitat comercial respecte a velocitat màxima aporta l'anàlisi en termes de satisfacció de l'usuari i

eficiència en el transport a la vegada que permet tenir present a l'avaluador un indicador de la velocitat que incidirà en el temps del trajecte.

#### Mesura

La quantificació de la *velocitat comercial* es realitza mitjançant el temps emprat en el trajecte respecte la distància recorreguda. La unitat per mesurar-ho és en quilòmetres per hora i s'expressa com a quocient entre velocitat comercial i velocitat màxima de disseny de la infraestructura. 
$$V = \frac{v_{comercial}}{v_{màxima\ de\ disseny}}$$

### Indicador Temps d'embarcament

#### Descripció

Com en el darrer indicador, el temps incideix en el temps de viatge i en la satisfacció dels usuaris. El temps de trajecte juntament amb el temps d'espera en embarcaments i en transbordament és el que conforma el temps de viatge. Per tant, mitjançant la velocitat comercial i el temps d'embarcament es té una mostra valorativa de la totalitat del temps que l'usuari transcorre en el projecte de transport.

Per les característiques d'algunes tipologies de transport el temps d'embarcament pot significar llargs períodes de temps d'espera, resultant una incomoditat en l'usuari. En determinades ocasions es motiu per escollir una tipologia u altre de transport a pesar que aquest temps d'espera sigui recuperat durant el temps de trajecte resultant un temps de viatge inferior. Per tant cal considerar aquest indicador com a un valor important dins de la qualitat de tot projecte de transport.

A efectes de comptabilitzar el temps total dut a terme en el període de mobilitat, es considera *temps d'embarcament* com el temps més significatiu que recull aquest indicador però també cal englobar d'altres temps que no conformen estrictament l'embarcament, com el temps necessari per arribar a la infraestructura, el temps transcorregut en els distints controls i el temps durant els transbordaments. Com en l'indicador de velocitat comercial, els temps d'embarcaments no són comparables entre tipus de transport i a més, segons la durada del viatge aquest pot resultar més o menys significatiu. Per tant, es proposa prendre una medició del temps d'espera en

embarcaments relativa al temps de trajecte.
<b>Mesura</b>
La quantificació del <i>temps d'embarcament</i> es realitza mitjançant el temps emprat en el viatge per accedir al vehicle entre d'altres. La unitat per mesurar-ho és en hores i s'expressa com a quocient entre el temps de l'embarcament i el temps del trajecte.
$\mathcal{E} = \frac{e_{\text{temps d'embarcament}}}{e_{\text{temps del trajecte}}}$

Indicador Confort i fiabilitat
<b>Descripció</b>
<p>És l'indicador que mesura altres factors importants relatius a la qualitat pels quals l'usuari valora una projecte de transport. Alguns aspectes són subjectius segons cada usuari malgrat que s'accepten unes determinades consideracions que determinen la valoració ex-ante del projecte.</p> <p>Es recullen dos aspectes fonamentals pels quals un usuari prefereix una tipologia de transport envers l'altra i que van més enllà dels valors purament d'estudi en la teoria del transport. Un és la fiabilitat d'arribada i sortida dels vehicles. Això es deu ja que l'usuari normalment realitza una planificació en funció de la mobilitat, una alteració en el temps de viatge establert crea també una alteració en la planificació. Igualment es considera com manca de fiabilitat quan l'usuari assumeix que el seu trajecte pot experimentar retards o pot no realitzar-se degut a la mala explotació del projecte de transport.</p> <p>Un altre factor per valorar la qualitat d'un projecte de transport és el confort, valoració de l'usuari del grau de comoditat durant el seu viatge, durant l'embarcament i durant el trajecte. Resulta significatiu a l'hora de valorar la satisfacció de l'usuari. El grau de comoditat depèn del disseny de la infraestructura, així com de les característiques dels vehicles.</p> <p>Per mesurar-ho cal realitzar una valoració qualitativa del grau de comoditat i fiabilitat que aporta cada projecte. Es proposa una escala amb els valors 1, 2, 3 o 4, on el valor 1</p>

representa que el projecte és molt poc confortable o molt poc fiable, i el valor 4 molt confortable o molt fiable. Els valors 2 i 3 introdueixen valoracions entremitjos respectivament. Una vegada s'ha valorat amb l'escala de 1 a 4 el confort i la fiabilitat per separat cal realitzar la mitja entre tots dos valors per obtenir un sol indicador.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *variació de la població* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

### *Criteri Externalitats*

Aquest criteri recull les externalitats no mencionades fins ara i que normalment són presents en les diverses guies d'avaluació. El concepte d'externalitat es refereix a l'acció directa de l'activitat d'una infraestructura sobre el benestar de les persones o sobre la productivitat dels agents econòmics. Per aquest treball es consideren només les externalitats negatives més significatives.

Indicador Contaminació acústica
Descripció
<p>El soroll pot arribar a representar una externalitat important en determinades infraestructures, tolerar certs límits de soroll permet avaluar positivament o negativament qualsevol projecte de transport.</p> <p>L'afectació que produeix el soroll depèn directament de la proximitat de la infraestructura a tot nucli de població, comprometent principalment les activitats de consum. El que es valora no és la quantitat de soroll sinó l'afectació que aquest causa. Parlem de contaminació acústica quan el soroll emès per l'activitat de la infraestructura afecta en major o menor mesura a la població. És principalment problemàtica en transport aeri, ferroviari i per carreteres.</p> <p>Els manuals d'avaluació econòmica recomanen avaluar el soroll mitjançant la disponibilitat a pagar per reduir les molèsties, existeixen estudis que quantifiquen la predisposició a pagar per països i tipologia de transport, Navrud <i>et al</i> (2006), i Bickel <i>et</i></p>

al (2006), font CEDEX. Cal remarcar que aquest és un procediment que es pot veure influït per les diferències de rendes, conduint a falses valoracions. Aquest error de valoració s'accentua en el cas de la contaminació acústica ja que sol ser habitual que els nuclis de població amb menys nivell de rendes convisquin en les zones més sorolloses.

Des d'aquest treball es proposa seguir les valoracions de Van den Berg *et al* (2003) que recull els costos quantificables dels efectes sobre la salut i el valor monetari estimat de les molèsties pel soroll. Es dona un valor monetari segons cada tipologia de transport y soroll emès en decibels, aquest valor monetari és el que s'avalua per comparar diferents alternatives. Cal destacar que malgrat que es tracta de dades del 2002, aquestes resulten igualment vàlides ja que no interessen els valors absoluts en sí sinó els relatius a les comparacions dels diferents valors segons cada infraestructura i decibels emesos. Caldrà revisar aquesta valoració si en futures actualitzacions de les dades es produeixen canvis particulars per una sola infraestructura i decibels emesos.

dB(A)	Carretera	Ferrocarril	Avi3n
≥51	7	0	10
≥52	13	0	20
≥53	20	0	31
≥54	26	0	41
≥55	33	0	51
≥56	39	7	61
≥57	46	13	71
≥58	53	20	82
≥59	59	26	92
≥60	66	33	102
≥61	72	39	112
≥62	79	46	122
≥63	86	53	133
≥64	92	59	143
≥65	99	66	153
≥66	105	72	163
≥67	112	79	173
≥68	118	86	184
≥69	125	92	194
≥70	132	99	204
≥71	175	142	251
≥72	186	153	265
≥73	197	164	280
≥74	208	175	295
≥75	219	186	309
≥76	230	197	324
≥77	241	208	338
≥78	252	219	353
≥79	263	230	368
≥80	274	241	382
≥81	285	252	397

## Mesura

La quantificació de l'indicador *contaminació acústica* es realitza segons la valoració monetària de Van den Berg. La unitat per mesurar-ho és en decibels i segons la tipologia d'infraestructura s'expressa amb el valor resultat de la taula anterior.

Indicador Sinistralitat
<p><b>Descripció</b></p> <p>La seguretat davant d'un accident representa un valor molt important a tenir en compte. Es fàcil d'entendre que projectes de transport amb un alt risc d'accidentalitat poden ser rebutjats, posant en entre dit la seva funcionalitat, un exemple de cas extrem i conegut és la paralització de l'ús de certes aeronaus en el transport espacial.</p> <p>Pels projectes de transport d'ús general de la societat, la sinistralitat està molt lligada a les característiques de la infraestructura i al perfeccionament tècnic dels vehicles. El que es valora mitjançant aquest indicador és l'efecte de la infraestructura sobre el risc d'accidentalitat, deixant de banda altres factors que influeixen en l'accidentalitat. Aquest risc posteriorment es valora segons les conseqüències que se'n deriven, cost de restitució de béns afectats, cost per ferit lleu o greu, cost per mort, ...</p> <p>Els costos que s' en generen són difícils de quantificar per la seva pròpia naturalesa. No només s'originen costos materials, sanitaris o burocràtics, també s' en generen una sèrie de costos indirectes al llarg del temps fruit de la pèrdua de productivitat de les persones que pateixen l'accident. D'igual manera, comporten una pèrdua de benestar per al conjunt de la població entès com al patiment que un accident comporta pel cercle proper de la víctima.</p> <p>Com que es tracta de realitzar una valoració ex ante, pot ser que la taxa de sinistralitat real sigui diferent de l'estimada originalment, a més cal tenir en compte les millores que s'introdueixen en les infraestructures i en els vehicles que poden incidir en una reducció de l'accidentalitat. O en el seu defecte, l'excés de demanda que fa pujar el risc de patir un accident.</p> <p>Existeixen diferents criteris per mesurar la sinistralitat: mitjançant la quantificació dels costos associats, segons la disponibilitat a pagar per evitar l'accident, per les indemnitzacions de les companyies asseguradores o per una valoració monetària de la probabilitat del risc en el nombre i gravetat dels accidents.</p> <p>Les diferents guies d'avaluació prenen una quantificació monetària, concretament la</p>



*guia per l'avaluació de projectes de transport* del Col·legi de Camins recomana realitzar la quantificació a partir del cost de restitució amb factor de risc. S'assigna un valor monetari al risc d'accidentalitat en absència de la infraestructura per ferit lleu, greu, vehicles afectats i morts. Aquesta valoració no s'adequa en aquest treball ja que les dades d'accidentalitat i els valors monetaris en forma d'accidentalitat sols solen ser habituals en carreteres. Per contra, es deuen poder comparar diverses tipologies de projectes de transport per establir uns límits vàlids en la funció de valor per qualsevol alternativa. Per aquest motiu, es pren una valoració qualitativa mitjançant una escala de valor de 1 a 4 que incideix en el risc de produir-se l'accidentalitat en absència de la infraestructura, entenent que tota nova infraestructura incideix en un descens de la sinistralitat ja sigui per millora de la infraestructura existent o per reducció del tràfic al crear una demanda induïda. El valor 1 representa que la nova infraestructura redueix molt poc el risc d'accidentalitat, el valor 4 incideix en que al nova infraestructura redueix molt el risc d'accidentalitat i els valors 2 i 3 representen termes entremetjats respectivament.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *sinistralitat* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4

Indicador Vibracions
<p><b>Descripció</b></p> <p>Cal considerar la <i>vibració</i> com una externalitat negativa ja que en determinades infraestructures, bàsicament pel ferrocarril i pel transport aeri, pot provocar una variació de benestar en terceres persones així com interferir en diverses activitats productives.</p> <p>El cas del valor d'afectació de les vibracions en terceres persones és anàleg al de l'externalitat per contaminació acústica, cal determinar les molèsties que ocasiona a la població dins de l'àmbit d'influència i quantificar-les monetàriament podent emprar una metodologia similar.</p> <p>Respecte a l'afectació en les diverses activitats productives, la metodologia per quantificar-la és directe ja que es determinen les conseqüències negatives de les</p>

vibracions mitjançant els preus de mercat. És a dir, es computa la massa monetària que s'obté en pèrdues per la interferència de les vibracions.

D'altra banda, no sempre es recull aquesta externalitat al no considerar-la significativa. Per això i degut a la manca d'una metodologia que clarifiqui la determinació de l'afectació de les vibracions, des d'aquest treball es proposa estimar l'afectació d'aquesta externalitat segons el criteri del decisor, tot considerant si els efectes de les vibracions són significatius, o no, en el seu entorn. Es pren una escala de valor de 1 a 4, el valor 1 equival a la situació on els efectes de les vibracions es poden menystenir ja que no existeixen vibracions que afecten a l'entorn, la valoració 4 recull que els efectes negatius són molt significatius i les valoracions 2 i 3 representen termes entremetjats.

#### Mesura

La quantificació dels efectes de *la vibració* es realitza segons una estimació qualitativa. S'expressa segons si té efectes negatius significatius en l'entorn amb l'escala de valor 1, 2, 3 o 4.

### Indicador Conflictivitat i rebuig local

#### Descripció

La construcció de tota nova infraestructura està extensament considerada sota l'estàndard de desenvolupament, de millora dels serveis de la mobilitat. Això és cert ja que es considera l'existència d'un beneficiari per l'ús de la nova infraestructura. D'altra banda, tota nova infraestructura també pot resultar una involució per una part de la població que no se'n beneficia i per contra, en pateix les externalitats. Concretament, la comunitat local pròxima a la nova infraestructura pot resultar amb un balanç negatiu ja que pot no beneficiar-se amb el nou projecte i segurament patir les externalitats més directes. En aquest cas sol ser freqüent un rebuig per part de la població local que en determinades ocasions pot frenar el nou projecte o realitzar-ne modificacions. La consideració d'aquest indicador en l'etapa de concepció permet prendre mesures i evitar conflictes socials en l'etapa de materialització.

Es proposa una valoració qualitativa, responant a la pregunta: *el nou projecte és rebutjat*

<i>per la comunitat local?</i> Si la resposta és afirmativa s'assigna el valor 0, per contra si la resposta és negativa s'assigna el valor 1.
<b>Mesura</b>
La quantificació de l'indicador <i>conflictivitat i rebuig local</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant els elements booleans 0 o 1.

### *Criteri Desenvolupament socioeconòmic*

El criteri desenvolupament socioeconòmic s'insereix dins del requeriment social i territorial. És un criteri que avalua l'impacte del projecte de transport sobre la vertebració econòmica i social del territori més enllà dels costos econòmics descrits en els anteriors requeriments.

Aquest criteri fa referència a indicadors macroeconòmics mesurables mitjançant el PIB, la producció o el mercat laboral. Existeixen diverses metodologies per poder quantificar els efectes macroeconòmics: per determinar els efectes de demanda es té present l'efecte multiplicador de la inversió i s'utilitza la metodologia input-output, en el cas dels efectes d'oferta es determina la inversió en capital públic sobre el creixement de l'economia utilitzant models econòmics amb funcions de producció o mitjançant vectors autoregressius.

Malgrat l'existència d'aquestes metodologies que possibiliten l'existència d'un indicador de desenvolupament econòmic fidedigne, en aquest treball, com en d'altres guies d'avaluació, es proposa l'elaboració d'indicadors majoritàriament qualitatius. Això es deu a que les metodologies esmentades requereixen d'un estudi específic per cada projecte que normalment no es duu a terme a excepció de grans obres o plans d'infraestructures. Per contra, les diferents alternatives a avaluar han de ser comparables y fàcilment mesurables per tal de realitzar una valoració concloent pel decisor.

Indicador Repercussió sobre el mercat laboral
<b>Descripció</b>
Malgrat que s'ha de tenir en compte totes les etapes, del cicle de vida per obtenir

l'impacte d'una infraestructura sobre el mercat de treball, aquest és més accentuat durant el període de construcció i ús, etapes on recau l'avaluació d'aquest indicador.

Durant l'etapa de materialització es tenen en compte els llocs de treball que es produeixen durant el període de construcció: per efecte directe de la construcció del projecte, per efecte indirecte de l'increment de l'activitat econòmica de les activitats complementàries i per efecte induït de les persones vinculades directe o indirectament al projecte. Si per mesurar l'impacte en llocs de treball generat es vol utilitzar algun dels mètodes mencionats anteriorment caldria tenir en compte la producció i el PIB generat per la inversió així com la productivitat del sector construcció.

Durant l'etapa d'ús, l'efecte incideix directament en l'activitat d'explotació de la infraestructura i indirectament en l'assentament de les activitats econòmiques generades gràcies a la nova infraestructura.

Es pren un indicador qualitatiu per mesurar el llocs de treball generats segons una escala de 1 a 4 que representa la capacitat del territori per generar nous llocs de treball a partir de la millora que aporta el projecte de transport. La valoració 1 vol dir que el territori té molt poca capacitat per engrandir el mercat laboral amb la construcció de la infraestructura, la valoració 2 que existeix poca capacitat, la valoració 3 que aquesta capacitat és alta i finalment la valoració 4 representa que la capacitat per generar nous llocs de treball gràcies a les millores de la nova infraestructura és molt alta.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *repercussió sobre el mercat laboral* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

Indicador Atracció d'empreses
Descripció
L'atracció o creació d'organitzacions amb mitjans de producció per obtenir o elaborar béns i serveis és un indicador de desenvolupament econòmic i social, la infraestructura del transport hi influeix bàsicament per la millora de l'accessibilitat. La capacitat del territori per aprofitar la millora en l'accessibilitat en forma d'atracció o creació

d'empreses és un element clau pel desenvolupament territorial.

Les diferents tipologies de transport propicien un major desenvolupament sectorial, el que aquest indicador avalua no és la capacitat de generar riquesa en cada sector econòmic sinó la capacitat per generar o atraure empreses, independentment del seu sector econòmic. D'aquesta manera es podran comparar diferents tipologies de transport valorant un mateix indicador.

Per tal de mesurar-lo qualitativament es proposa la mateixa escala de valors que la de l'indicador del mercat laboral. El valor 1 incideix en la molt poca capacitat del territori per atraure empreses després de la millora en l'accessibilitat per la construcció de la infraestructura, el valor 4 per incidir en una molt alta capacitat d'atracció d'empreses, i els valors 2 i 3 representen valors entremetjats respectivament.

Cal remarcar que aquest indicador avalua la capacitat del territori per atraure o generar empreses després de la realització de la infraestructura, és a dir que s'avalua la capacitat del territori en sí. Es pot donar el cas que grans millores de l'accessibilitat introduïdes per la infraestructura no impliquin atracció d'empreses, per exemple per la manca de sòl, manca de recursos hídrics, manca de personal qualificat o d'altres recursos.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *atracció d'empreses* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

### Indicador Millora de la competitivitat empresarial

#### Descripció

La competitivitat és un concepte comparatiu de la capacitat i rendiment d'una empresa, i té relació directe amb l'adequació del transport. Aquest indicador és anàleg al de l'atracció d'empreses ja que la infraestructura produeix un impacte en la seva competitivitat empresarial bàsicament per la millora de l'accessibilitat o la millora en l'oferta de serveis de transport. Aquesta millora en l'accessibilitat augmenta la capacitat per proveir els productes i els serveis tan o més eficientment i eficaçment que abans de que existís la infraestructura.

D'igual manera i al marge de metodologies concretes per quantificar la competitivitat empresarial, es proposa una anàlisi qualitatiu emprant l'escala d'1 a 4 anteriorment citada, segons la capacitat del territori per aprofitar la nova infraestructura a l'hora d'augmentar la competitivitat empresarial. El valor 1 representa que el territori té molt poca capacitat per augmentar la competitivitat empresarial amb la nova infraestructura, el valor 4 representa una molt alta capacitat i els valors 2 i 3 representen valors entremetjats respectivament.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *millora de la competitivitat empresarial* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

### Indicador Distribució de rendes

#### Descripció

Indicador que tracta l'assignació de la riquesa en la societat i el que s'avalua és l'efecte desitjat o no que el projecte de transport té sobre el conjunt.

La inversió de l'Estat en una infraestructura és un cost extern, assumit pel conjunt de la societat però que beneficia tan sols a una part de la població, en els casos que es realitza per inversió pública. És per això que alguns projectes de transport comporten sempre una distribució en menor o major mesura dels diferents nivells de renda. Cal remarcar que un dels motius per dur a terme un projecte de transport pot ser el d'aconseguir una redistribució espacial de la renda en el territori sota els criteris de l'administració que realitza la inversió.

No és un indicador tractat en les diverses guies d'avaluació ja que no existeix un consens per definir-lo i avaluar-lo. Des d'aquest treball es proposa emprar aquest indicador sota la perspectiva d'avaluar si el projecte de transport a realitzar produirà transferències de rendes desitjables respecte a com hagi estat planejat al conjunt de la societat.

D'aquesta manera no es valora si la distribució de renda és positiva o negativa per una o

<p>altra zona geogràfica o grup social, sinó si els inevitables efectes del projecte responen a un planejament en la distribució de rendes o per contra són una externalitat negativa ja que no se'n consideraven o tenen efectes oposats als desitjables. Per realitzar aquesta tasca es considera una valoració qualitativa mitjançant elements booleans 0 o 1. Si la distribució de rendes que produeix la infraestructura no és desitjada, entesa com a externalitat, s'assigna l'element 0. Si la distribució de rendes resultat de l'ús de la nova infraestructura, és la desitjada per qui realitza la inversió, s'assigna l'element 1.</p>
<p><b>Mesura</b></p>
<p>La quantificació de l'indicador <i>distribució de rendes</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant els elements booleans 0 o 1.</p>

Indicador Repercussió sobre el sector construcció
<p><b>Descripció</b></p>
<p>Donada d'una banda la relació del sector construcció amb la materialització dels projectes de transport i d'altra, la rellevància de l'efecte multiplicador de la construcció d'infraestructures en tot desenvolupament econòmic, és convenient recollir un indicador que avaluï el desenvolupament dels agents encarregats de dur a terme aquests dos processos en l'etapa de construcció. Extrapolant aquest plantejament també es podria considerar els operadors durant l'explotació de la infraestructura o als encarregats a reintegra-la, però es considera dins d'un mateix cas d'estudi ja que els agents encarregats de la gestió i explotació d'una infraestructura solen ser els mateixos que els operadors constructius.</p> <p>El cas a avaluar és el desenvolupament que un procés d'inversió en una determinada infraestructura té sobre els operadors constructors. Partint de la base que tot procés d'inversió representa un desenvolupament del sector construcció, l'element diferenciador recau en la magnitud de la infraestructura a construir i la implicació dels diferents agents constructius en ella. No és, però, una relació directe, ja que el sector construcció està caracteritzat per unes relacions entre les seves parts que representen en sí una organització complexa. D'altra banda existeixen altres factors que incideixen en un desenvolupament dels operadors constructius com pot ser la innovació que determinats projectes requereixen per la seva materialització.</p>

El PEIT contempla com una alternativa d'actuació la transformació d'aquest agents en veritables operadors logístics, la integració i harmonització dels operadors de menor dimensió en cadenes de transport, la consolidació d'operadors intermodals o l'increment del seu paper en l'escenari internacional.

Es proposa quantificar amb una escala de valor de 1 a 4, on el valor 1 representa que el projecte no incideix gens en el desenvolupament dels operadors constructius, el valor 2 representa que el projecte incideix poc, el valor 3 bastant i el valor 4 molt.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *repercussió sobre els operadors constructius* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

### *Criteri Desenvolupament de la població*

El criteri de desenvolupament de la població es refereix als impactes globals que la infraestructura provoca sobre el conjunt de les persones. Fa referència a la qualitat de vida, a l'equitat del conjunt de la societat o al control de la quantitat d'habitants per un desenvolupament sostenible.

Indicador Equitat i cohesió social
Descripció
<p>És l'indicador encarregat de mesurar per una banda el grau de garantia que el projecte de transport aporta a l'accessibilitat mínima pels serveis bàsics tals com la sanitat, l'educació, l'assistència social, ... i d'altra, la identificació dels beneficiaris del projecte per tal de valorar l'ús del projecte en la societat. Cal garantir l'accés amb unes condicions de qualitat a espais amb una alta mobilitat així com igualment als nuclis dispersos o zones de baixa densitat poblacional. Cal valorar els costos totals incloent les externalitats del projecte de transport i la part suportada per l'usuari per tal d'identificar els efectes regressius de rendes.</p> <p>Difícilment es pot quantificar els aspectes mencionats ja que s'haurien de considerar tots els costos, interns i externs. Per això es pren una valoració qualitativa que indiqui si</p>



<p>el projecte beneficia a la població amb greuges respecte de la resta de la societat i si assegura una mínima accessibilitat per a tota la població sota uns mínims de qualitat. Es valora segons l'escala d' 1 a 4, on el valor 1 representa que el projecte es molt desfavorable respecte als termes indicats, el valor 4 molt favorable i els valors 2 i 3 termes entremitjos respectivament.</p>
<b>Mesura</b>
<p>La quantificació de l'indicador <i>equitat i cohesió social</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.</p>

Indicador Efecte sobre la qualitat de vida
<b>Descripció</b>
<p>Igualment, l'indicador <i>qualitat de vida</i> és una mesura qualitativa, ja que el seu propi significat depèn de les consideracions de la societat per establir el benestar individual.</p> <p>La qualitat de vida no solament implica nivells determinat de riquesa, educació o salut, sinó també adequació de l'entorn físic i de la mobilitat. Si bé es difícil considerar com una infraestructura incideix directament en la qualitat de vida d'un individu, es proposa valorar el grau en que el projecte de transport incideix sobre l'economia del benestar, és a dir en l'assignació de la quantitat dels recursos i la seva capacitat per transformar-se en benestar col·lectiu.</p> <p>Es valora mitjançant una escala de valor de 1 a 4, on el valor 1 incideix en que la infraestructura té molts pocs efectes sobre la millora en al qualitat de vida, el valor 4 representa que es genera molta millora de la qualitat de vida i els valors 2 i 3 representen termes entremitjos.</p>
<b>Mesura</b>
<p>La quantificació de l'indicador <i>efecte sobre la qualitat de vida</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.</p>

Indicador Creixement de la població
<p><b>Descripció</b></p> <p>Les infraestructures com a elements potencialment generadors de riquesa poden derivar en la creació, o en el creixement, de nuclis urbans al voltant de nodes amb una alta accessibilitat sense que el territori tingui les infraestructures necessàries per absorbir el nou flux induït. Aquest efecte és especialment important en aquells projectes de transport en els que la millora de la mobilitat converteix a un nucli urbà determinat perifèric d'un altre. Un dels efectes pot ser assentament de nova població i noves activitats en el nucli perifèric, o al revés en el nucli central, com a traspassos de població entre ambdós nuclis. Tots dos casos poden ser perjudicials si el territori no està preparat per captar un augment demogràfic ja que pot no reunir les infraestructures necessàries per experimentar un augment de les activitats i de la població. Aquesta problemàtica s'experimenta generalment sota grans augments demogràfics en períodes curts de temps i sense una planificació adequada.</p> <p>És per aquest motiu que alhora de planificar una infraestructura del transport s'ha de tenir en compte els efectes que la millora de l'accessibilitat i l'augment en l'oferta de mobilitat generen sobre el creixement demogràfic envers els nuclis poblacionals.</p> <p>Es valora sota una escala de 1 a 3, prenent com a valors:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Valor 1, si la nova infraestructura indueix un creixement demogràfic gens sostingut, tant és així que és impossible adequar el territori a la nova realitat.</li> <li>-Valor 2, si la nova infraestructura indueix un creixement demogràfic capaç de ser absorbit pels nuclis existents si es realitza una planificació per acomodar la nova població.</li> <li>-Valor 3, si els augments demogràfics induïts per la nova infraestructura no necessiten cap acció en el territori.</li> </ul> <p><b>Mesura</b></p> <p>La quantificació de l'indicador <i>variació de la població</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2 o 3.</p>

### *Criteri Equilibri territorial*

El criteri *equilibri territorial* fa referència a la vertebració del territori sota la perspectiva de com influeix la infraestructura del transport organitzant la mobilitat. Els indicadors seleccionats quantifiquen la cohesió territorial mitjançant els diferents modes de transport, la seva interacció i l'oferta de mobilitat per accedir a totes les parts del territori.

Indicador Estructura de xarxa intermodal
<b>Descripció</b>
<p>La intermodalitat en els projectes de transport fa referència a com es combinen les xarxes, l'intercanvi entre els vehicles, entre operacions i els diferents modes de transport per tal d'optimitzar l'estructura de mobilitat. La intermodalitat és necessària a fi d'optimitzar els recursos de mobilitat existents i integrar els sistemes de transport en una oferta de mobilitat global de transport.</p> <p>Un dels factors per assolir una intermodalitat òptima és el desenvolupament d'una xarxa jerarquitzada i l'existència de nodes d'intercanvi entre els diferents modes de transport. Des d'aquest indicador es mesura el grau amb que el nou projecte de transport s'insereix en la xarxa de transport existent o contribueix a la creació d'una nova xarxa jerarquitzada. Igualment es mesura l'existència de nodes que articulin i facilitin la interconnexió de les diferents xarxes.</p> <p>Es pren una valoració amb l'escala de valors d' 1 a 4, on el valor 1 vol dir que el projecte de transport té una molt baixa incidència en la intermodalitat de la xarxa existent ni està planificada per la creació d'una de nova, el valor 4 representa una molt alta incidència en la intermodalitat i els valors 2 i 3 termes entremitjos respectivament.</p>
<b>Mesura</b>
<p>La quantificació de l'indicador <i>estructura de xarxa intermodal</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.</p>

Indicador Ordenació polític territorial
<b>Descripció</b>
<p>La planificació de les infraestructures del transport tenen un paper decisiu en la vertebració de tota estructura econòmica i social. Aquest tipus d'infraestructures són necessàries per la creació de pols logístics i nuclis poblacionals, desenvolupament que té un efecte sobre el conjunt de l'organització territorial de tota població.</p> <p>Des d'aquest indicador es recull l' intenció amb que es planifica el projecte de transport, concretament si respon a criteris d'ordenament polític en el territori de les activitats de la població.</p> <p>D'igual forma que amb l'indicador de <i>distribució de rendes</i>, no és funció del programador decidir en quin grau l'ordenament territorial és desitjable, aquesta funció s'establirà en el procés de ponderació dels indicadors. El que es mesura en aquesta part és si els efectes d'ordenament territorial resultat del projecte sorgeixen del planejament inicial del projecte o sorgeixen com a externalitat negativa del projecte de transport.</p> <p>Es considera una valoració qualitativa mitjançant elements booleans 0 o 1. Si en resulta un ordenament territorial no considerat en la planificació o aquest és negatiu envers al desitjable, s'assigna l'element 0. Si l'ordenament territorial resultat de l'ús de la nova infraestructura, respon a una planificació per part de l'inversor, s'assigna l'element 1.</p>
<b>Mesura</b>
La quantificació de l'indicador <i>ordenació polític territorial</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant els elements booleans 0 o 1.

Indicador Ontogènesi territorial
<b>Descripció</b>
<p>És l'indicador que mesura el desenvolupament sostenible de les infraestructures en el territori referit a un desenvolupament de forma equilibrada, satisfent les demandes de mobilitat dels usuaris, viatgers i mercaderies, i evitant la sobrecapacitat. Mesura si l'oferta de mobilitat introduïda per la infraestructura en el territori es adequada a les intensitats dels fluxos de mobilitat necessaris, o si en el seu defecte n'és insuficient.</p>

La medició d'aquest indicador s'efectua mitjançant l'escala de valors d' 1 a 4. El valor 1 es referix a que les activitats del territori i l'oferta de mobilitat un cop es realitzi la infraestructura estan gens equilibrats, ja sigui per un excés o un dèficit d'oferta, el valor 4 si les activitats del territori i l'oferta de mobilitat estan molt equilibrats després de la construcció de la nova infraestructura i els valors 2 i 3 representen termes entremetjats respectivament. En la demanda de mobilitat també s'han de considerar els efectes induïts per la creació de la nova infraestructura.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *ontogènesi territorial* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2 o 3.

### **Criteri Contaminació**

El criteri de la *contaminació* recull l' impacte en forma d'externalitat negativa d'un projecte de transport envers el medi ambient i la salut de les persones. Si es pot tractar com un cost, entès com a cost extern pel conjunt de la societat, en la majoria de casos es quantificarà monetàriament.

Indicador Contaminació atmosfèrica
<p><b>Descripció</b></p> <p>Es considera per contaminació atmosfèrica la presència en l'atmosfera de substàncies en una quantitat que implica molèsties o risc per la salut de les persones així com en béns de qualsevol naturalesa, provocant un greuge en el medi ambient. En els projectes de transport es considera l'emissió de gasos contaminants, òxids de carboni (CO<sub>x</sub>), òxids de nitrogen (NO<sub>x</sub>), partícules en suspensió (PM), òxids de sofre (SO<sub>x</sub>) i diverses molècules d'hidrocarburs.</p> <p>Comunament la contaminació atmosfèrica s'associa al consum de combustible pels vehicles, però no s'han de menystenir aquells mitjans de transport que emprant electricitat no generen contaminació ambiental in-situ, sinó en l'emplaçament de producció energètica com el cas del ferrocarril. La font més important de contaminació</p>

recau en l'etapa d'ús, com a resultat de la contaminació dels vehicles, molt lligada al consum energètic i per tant al nivell de tràfic capaç d'assolir la infraestructura, és significatiu en infraestructures aeroportuàries i carreteres.

Existeixen varies metodologies per avaluar la contaminació atmosfèrica. A partir dels costos que se'n generen per reduir la contribució sobre l'efecte hivernacle, sobre el canvi climàtic, o per la quantificació dels costos per afecció a la salut humana. També existeixen projectes de la Comissió Europea (2006), que estimen els costos externs dels contaminants del sector transport a partir de dades d'emissions.

La quantificació del cost monetari de les emissions dels gasos contaminants no és directe, moltes vegades mancarà informació per realitzar-la. Aquest estudi és molt freqüent per carreteres, però en d'altres tipologies d'infraestructures del transport la quantificació és incerta degut a la tipologia dels vehicles. És freqüent avaluar les emissions en tipologies diferents a les viàries en funció de si la nova infraestructura proporciona un estalvi sobre les quantitats d'emissions de tràfic viari al captar tràfic induït o per millora de l'accessibilitat. D'altra banda, encara existint informació d'emissió absoluta de gasos, la comparació de les diferents alternatives han de fer referència al mateix contaminant, per exemple la contaminació per CO<sub>2</sub> es relaciona a una quantificació de costos relatius al canvi climàtic mentre que el NO<sub>2</sub> incideix en una afecció en la salut. Igualment l'assignació dels límits de la funció de valor han de fer referència a algun estàndard de cost per contaminació inexistent, la quantificació per cost monetari és una forma de mesurar les conseqüències de la contaminació però no una eina per marcar les mesures correctores, si ho serien les emissions del contaminant.

Per la dificultat existent per prendre quantificacions monetàries per totes les diferents tipologies d'infraestructures, l'esmena a un mateix contaminant, així com la manca d'informació per establir un rang monetari on avaluar les alternatives fa que el més recomanable sigui prendre una valoració qualitativa, responent a la pregunta: *el nou projecte representa un estalvi de contaminació atmosfèrica enfront a l'absència de la nova infraestructura?* Si la resposta és afirmativa s'assigna el valor 0, podria ser en aquells casos en que la construcció d'un nou node alteri els fluxos disminuint les emissions o per aquells nous projectes que reben un tràfic induït que disminueix l'ús

tipologies de transport més contaminants. Per contra si la resposta és negativa s'assigna el valor 1, entenent que la nova infraestructura provoca un augment dels efectes de la contaminació.
<b>Mesura</b>
La quantificació de l'indicador <i>contaminació atmosfèrica</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant els elements booleans 0 o 1.

Indicador Contaminació del sòl
<b>Descripció</b>
<p>Externalitat negativa sobre el medi ambient que resulta de la pèrdua de les propietats originals del sòl necessàries per dur a terme diverses activitats. Incideix principalment en la productivitat agrària així com en la flora i la fauna. Els seus efectes venen diferits en el temps, el que redueix la producció o les activitats de consum de la zona afectada en l'última etapa del cicle de vida de la infraestructura. Aquest fet produeix que no es reconeguin les externalitats com a tal, sinó que es consideri una adequació del sòl per activitats diferents de les de la infraestructura.</p> <p>Es pot realitzar una quantificació monetària en termes de costos, cost de recuperació de les propietats originals del sòl o cost de les mesures correctores per evitar parcialment la pèrdua de les activitats mediambientals. D'altra banda, la mesura mitjançant el cost no resulta un element comparatiu en aquest treball donat la dificultat per dur a terme estudis en la contaminació del sòl per cada projecte a avaluar. Per aquest motiu es pren una quantificació qualitativa, valorant el nivell d'afecció de la infraestructura sobre el sòl, segons si es posa en perill la continuació de la flora i la fauna creant un efecte barrera, sobre la productivitat agrícola o mitjançant altres afectacions singulars. Es pren l'escala de 1 a 4, prenent el valor 1 si no afecta gens, el valor 4 si afecta molt i els valors 2 i 3 com a valoracions intermèdies respectivament.</p>
<b>Mesura</b>
La quantificació de l'indicador <i>contaminació del sòl</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

Indicador Contaminació d'aigües
<b>Descripció</b>
<p>L'externalitat de la contaminació de l'aigua engloba diferents afectacions segons l'origen i la tipologia del transport. Així, en aquelles infraestructures amb afectacions sobre les aigües continentals es genera principalment una externalitat en forma de risc per l'abastament a la població o els regadius o per la realització d'altres activitats com activitats recreatives, alteració de l'ecosistema de la conca fluvial, producció agrícola, etc. En el cas de les infraestructures portuàries es valora principalment l'afectació sobre la fauna marina, concretament l'alteració de l'activitat pesquera pel tràfic marítim, i l'afectació sobre ecosistemes i paisatges d'interès.</p> <p>Com que es tracta d'un indicador que recull diferents afectacions, es pren una valoració qualitativa on es recull el nivell d'afectació de la infraestructura sobre les activitats que es realitzen a partir de la gestió de les aigües. Es mesura amb l'escala de valor d' 1 a 4, el valor 1 representa un nivell d'afectació nul, mentre que el valor 4 recull un molt alt nivell d'afectació. Els valors 2 i 3 prenen nivells d'afectació entremitjos.</p>
<b>Mesura</b>
La quantificació de l'indicador <i>contaminació d'aigües</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

### ***Criteri Adequació en l'entorn***

Es considera els impactes negatius que té la nova infraestructura sobre el seu entorn en forma d'ocupació del territori. Es consideren els efectes durant l'etapa de construcció, ús i reintegració en l'entorn.

Indicador Afecció sobre el patrimoni natural/cultural
<b>Descripció</b>
<p>Una de les principals característiques d'una infraestructura és la seva extensió espacial. L'ocupació del sòl pot ser problemàtica en determinades situacions. Entre d'altres, quan és necessari construir en zones d'interès natural, quan s'altera la flora i fauna o quan la</p>



infraestructura posa en perill el patrimoni cultural, com per exemple en l'afectació a monuments o restes arqueològiques. Cal destacar que tota acció té un impacte sobre l'entorn, el que aquest indicador recull és en quina mesura la infraestructura afecta al seu entorn inclòs després d'aplicar les mesures correctores d'impacte ambiental considerades.

Es tracta d'un indicador purament qualitatiu ja que és el decisor qui valora la importància de la infraestructura envers l'interès del patrimoni a protegir. Malgrat això, es proposa mesurar només si la infraestructura afecta al patrimoni i en quin grau, sense incidir en l'importància d'un sobre l'altre.

Es pren un escala de 1 a 4 on el valor 1 representa que la infraestructura no afecta al patrimoni natural/cultural del seu entorn, el valor 4 representa que la infraestructura afecta molt i els valors 2 i 3 representen valors entremetjats respectivament.

#### Mesura

La quantificació de l'indicador *afecció sobre el patrimoni natural/cultural* es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4.

Indicador Inserció estètica
Descripció
<p>Pels mateixos motius que l'indicador d'afecció sobre el patrimoni natural i cultural, una infraestructura pot suposar un gran impacte visual, dificultant la inserció en l'entorn fins al punt d'afectar les seves activitats econòmiques al trencar la continuïtat paisatgística.</p> <p>Cada cop més existeix la conscienciació a tenir en compte l'estètica també en els projectes de transport, o com a mínim la seva inserció estètica en l'entorn, sobretot quan aquest transcorre per trams urbans o paisatges singulars.</p> <p>D'altra banda, el disseny d'una infraestructura no respon a estats estètics sinó a assolir un millora en la mobilitat. Per això, el que cal quantificar és la facilitat amb que la infraestructura s'insereix estèticament en el seu entorn i no la valoració estètica del</p>

<p>projecte. Es valora amb un 1 si la infraestructura no crea cap problema d'incompatibilitat paisatgística en l'entorn, amb un 4 si la infraestructura s'insereix molt dificultosament per incompatibilitats estètiques amb l'entorn i els valors 2 i 3 representen valors entremitjos respectivament.</p>
<b>Mesura</b>
<p>La quantificació de l'indicador <i>inserció estètica</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4</p>

Indicador Gestió de recursos i residus
<b>Descripció</b>
<p>Fa referència a l'ús que se'n deriva dels sobrants que genera tota infraestructura i dels recursos materials necessaris per dur-la a terme, ja sigui durant l'etapa de construcció, ús o reintegració. L'exemple més clar en l'etapa de construcció és el balanç de terres que s'obté en bona part de tipologies d'obra. El volum de terres necessàries o el volum de terres sobrants pot comprometre l'entorn, concloent en la sostenibilitat del projecte.</p> <p>La necessitat d'un determinat recurs que pugui comprometre l'entorn posa de manifest el perill de dur a terme el projecte, és habitual que la limitació de certs materials enfront dels recursos existents condicioni el disseny de la infraestructura. D'altra banda, els residus en excés també poden generar una problemàtica mediambiental. Aquesta s'origina durant l'etapa de construcció, principalment pel volum de terres sobrants i per les aigües residuals, i durant l'etapa d'ús ja que es generen un residu per l'activitat humana que deuen ser gestionats. Igualment cal considerar l'estructura en la seva etapa final de reintegració i concebre la problemàtica en la gestió dels residus estructurals ja sigui per reciclatge en una nova estructura o d'altres destins.</p> <p>Es quantifica mitjançant valoracions qualitatives la dificultat per utilitzar recursos i gestionar els residus sense comprometre l'entorn al llarg de tot el cicle de vida de la infraestructura. S'utilitza una escala de valor de 1 a 4, on la valoració 1 vol dir que existeix molta dificultat per gestionar els recursos i el residu en l'entorn, la valoració 4 representa que la gestió dels recursos i els residus es realitza amb molta facilitat i la</p>

valoració 2 i 3 representen termes entremetjats respectivament.
<b>Mesura</b>
La quantificació de l'indicador <i>gestió de recursos i residus</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4

Indicador Integració de l'estructura residual
<b>Descripció</b>
<p>Des d'aquest indicador es mesura la facilitat per regenerar l'àrea afectada d'una infraestructura en desús. Cal notar la diferència per tal que l'avaluador no avaluï dues vegades el mateix indicador ja que es podria confondre amb el de cost de reintegració. Ara es valora la facilitat que té el medi ambient per tornar al seu estat natural a partir de l'estructura residual sense l'acció de l'home. En canvi l'indicador cost de reintegració recollia la facilitat, mesurada en cost monetari, per reconvertir la infraestructura en desús per tal que no alterés les activitats del seu entorn o generar-ne de noves. La capacitat de regeneració del medi ambient té una relació directa amb les característiques físiques de l'estructura residual i amb l'impacte generat per la infraestructura sobre ell.</p> <p>Normalment la materialització dels elements constructius que conformen una infraestructura genera un gran impacte, per obtenir elements de protecció, com els dics en els ports, o per adequar el traçat en el terreny, túnels viaris o ferroviaris, .... Aquest impacte és tan gran que és difícil concebre la reintegració de l'estructura residual en l'estat normal del terreny abans de la construcció de la mateixa. A mode d'exemple, una via construïda en terraplè i desmunt en varis trams dels seu traçat, té una alteració major que una via que no necessita moviments de terres, resultant una alteració major en el primer cas on l'estructura residual la conformen també els elements auxiliars del terraplenat i desmuntat. En canvi el segon cas, la infraestructura consisteix bàsicament en una esplanada, fet que no introdueix un impacte tan agressiu en el medi.</p> <p>Es mesura sota una escala de 1 a 4, on el valor 1 representa que l'estructura residual té un impacte tan agressiu en el medi que dificulta la seva reintegració, el valor 4 representa que l'estructura residual no produeix un impacte en el medi, restant integrada</p>

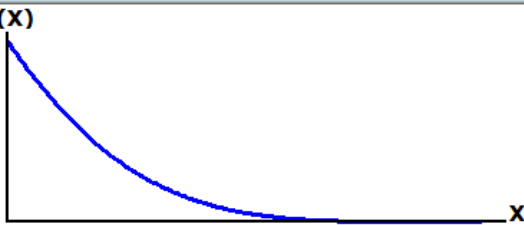

en el medi , i els valors 2 i 3 representen valors entremetjos respectivament.
Mesura
La quantificació de l'indicador <i>integració de l'estructura residual</i> es realitza mitjançant una valoració qualitativa. S'expressa mitjançant l'escala de valors 1, 2, 3 o 4

### 3.3. Funcions de valor

La funció de valor és l'eina que permet obtenir l'índex de valor, unitat comparable entre els diferents indicadors.

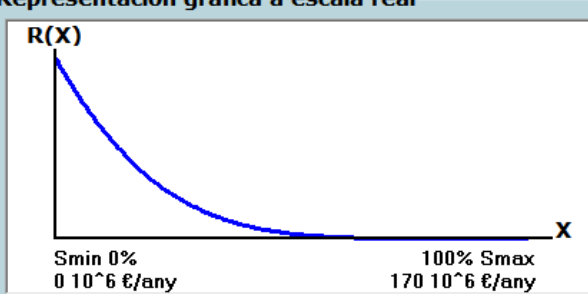
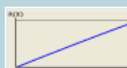
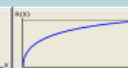
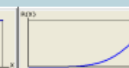
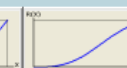
Es defineixen les funcions de valor per a cada indicador descrit en l'anterior apartat. S'ha tingut en compte la definició de l'indicador per tal d'assignar el creixement o decreixement de la funció segons el rang d'abscisses. Respecte a la forma, s'ha valorat el programador i amb l'ajuda dels paràmetres de forma per tal de respondre a la valoració del conjunt del rang mesurable de l'indicador.

És igualment important la justificació dels límits de la funció de valor ja que aquest representen els màxims i mínims del rang d'entrada de la funció. Segons el criteri del programador aquests tenen un efecte a l'hora d'adequar els valors en l'índex de valor.

<b>Indicador Cost d'inversió</b>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"><span><b>Función de valor</b></span><span><b>Elementos de puntuación</b></span></div><div style="display: flex;"><div style="width: 45%; padding-right: 10px;"><p><b>Límites de la función de valor</b></p><p><b>Punto de mínima satisfacción</b> Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="25000"/></p><p><b>Punto de máxima satisfacción</b> Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="0"/></p><p><b>Rango de validez del indicador</b></p><p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p><p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p><p><b>Unidad aceptada</b> <input style="width: 100px;" type="text" value="Millions d'€"/></p></div><div style="width: 55%;"><p><b>Representación gráfica a escala real</b></p><div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"><p style="text-align: center;"><b>R(X)</b></p><p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 0 Millions d'€                      25000 Millions d'€</p></div><p><b>Parámetros de la función continua</b></p><p style="text-align: center;"><b>Factor de forma (0 &lt; P &lt; infinito)</b></p><p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="4,53"/></p><p style="text-align: center;"><b>Pto. inflexión en ordenada (0 &lt; K &lt; 1)</b></p><p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="0,3"/></p><p style="text-align: center;"><b>Pto. inflexión en abscisa (0 &lt; C &lt; 25000)</b></p><p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="1000"/></p><div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"></div></div></div></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"><p><b>Funció de valor:</b> es considera una funció decreixent, un major cost d'inversió implica un menor índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt</p></div>	

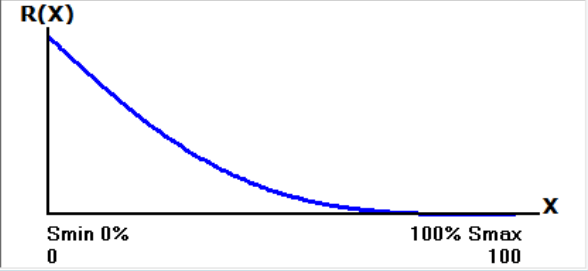
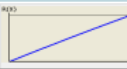



més gran quan menor cost tingui el projecte.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es prenen 0,000000 milions d'Euros per obtenir la valoració de màxima satisfacció i 25.000 milions d'Euros per obtenir una valoració de mínima satisfacció. Aquest rang de valor es justifica per l'estimació econòmica de les actuacions del PEIT, on es considera un total de 248.892 milions d'Euros. Segons el criteri del programador estaran pitjor valorats aquells projectes que prenen un cost d'inversió equivalent al d'una dècima part del valor total de les actuacions previstes en el PEIT, conseqüentment es defineix el **punt de mínima satisfacció per un cost d'inversió de 25.000 milions d'Euros**.

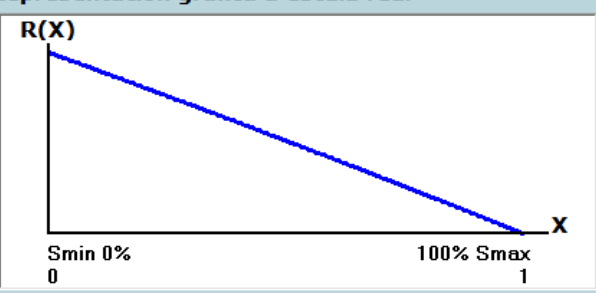
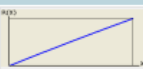



Indicador Cost de manteniment	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> <span><b>Función de valor</b></span> <span><b>Elementos de puntuación</b></span> </div> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1; padding-right: 10px;"> <p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p><b>Punto de mínima satisfacción</b> Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="170"/></p> <p><b>Punto de máxima satisfacción</b> Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="0"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b> <input style="width: 100px;" type="text" value="10^6 €/any"/></p> </div> <div style="flex: 1;"> <p><b>Representación gráfica a escala real</b></p>  <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p><b>Factor de forma (0 &lt; P &lt; infinito)</b> <input style="width: 100px;" type="text" value="5,36"/></p> <p><b>Pto. inflexión en ordenada (0 &lt; K &lt; 1)</b> <input style="width: 100px;" type="text" value="0,3"/></p> <p><b>Pto. inflexión en abscisa (0 &lt; C &lt; 170)</b> <input style="width: 100px;" type="text" value="1"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">     </div> </div> </div> </div>	

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, un major cost de manteniment implica un menor índex de valor. Pren forma còncaua ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor cost tingui el projecte.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren 0,000000 milions d'euros per obtenir la valoració de màxima satisfacció i 170 milions d'euros per obtenir una valoració de mínima satisfacció. Aquest rang de valor es justifica per l'estimació econòmica de les actuacions del PEIT, on es considera un total de 26.679 milions d'Euros per un període de 15 anys, resultant de mitja 1.778,6 milions d'Euros per any. Segons el criteri del programador, estaran pitjor valorats aquells projectes que prenen un cost de manteniment al d'una dècima part equivalent al cost de manteniment total previst en el PEIT, conseqüentment es defineix el punt de mínima satisfacció per un cost de manteniment de 170 milions d'Euros.

Indicador Cost de gestió	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> <span><b>Función de valor</b></span> <span><b>Elementos de puntuación</b></span> </div> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1; padding-right: 10px;"> <p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="100"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="0"/></p> <p>Rango de validez del indicador</p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Unidad aceptada <input style="width: 100px;" type="text"/></p> </div> <div style="flex: 1;"> <p><b>Representación gráfica a escala real</b></p>  <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>) <input style="width: 100px;" type="text" value="3,5"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 100px;" type="text" value="0,3"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 100</math>) <input style="width: 100px;" type="text" value="20"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">     </div> </div> </div> </div>	
<p><b>Funció de valor:</b> es considera una funció decreixent, un major cost de gestió implica un menor índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor cost tingui el projecte.</p> <p><b>Justificació dels límits de la funció de valor:</b> es pren 0,000000 milions d'euros per</p>	

obtenir la valoració de màxima satisfacció i 100 milions d'euros per obtenir una valoració de mínima satisfacció. Aquest rang de valor es justifica segons el criteri del programador, prenent com a referència el valor de l'estimació econòmica de les actuacions del PEIT.

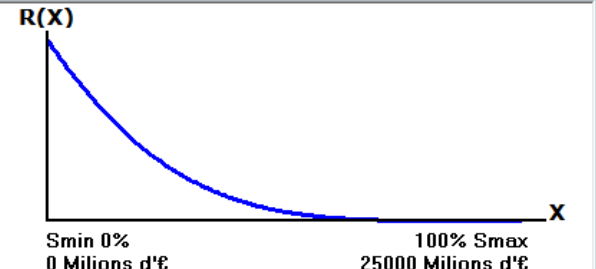
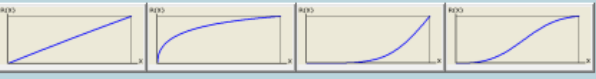
Indicador Cost d'operació dels vehicles	
<div style="background-color: #f0f0f0; border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <b>Funció de valor</b> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p><b>Límites de la funció de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center; border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">element booleà</p> </div>	<div style="background-color: #f0f0f0; border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <b>Elementos de puntuación</b> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abscisa (<math>0 &lt; C &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,9"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">     </div> </div>

**Funció de valor:** la forma de la funció de valor no compromet a la puntuació en l'índex de satisfacció, ja que l'apartat de l'arbre de presa decisió defineix dos únics elements d'entrada, que a la vegada conformen els límits de la funció de valor.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es considera una funció definida a partir d'elements booleans, 0 o 1. Ambdós elements sorgeixen de la pregunta: *el nou projecte representa un estalvi en termes de costos d'operació dels vehicles?* Si la resposta és afirmativa s'assigna el valor 0 que implica el major índex de valor. Per contra, si la resposta és negativa, valor 1, rep el menor índex de valor.



## Indicador Cost de reintegració

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="25000"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 100px;" type="text" value="0"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p><input style="width: 100px;" type="text" value="Millions d'€"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">  <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> <math>R(X)</math>  <math>S_{min}</math> 0%      100% <math>S_{max}</math>  0 Millions d'€      25000 Millions d'€ </p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; infinito</math>) <input style="width: 100px;" type="text" value="4,53"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 100px;" type="text" value="0,3"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 25000</math>) <input style="width: 100px;" type="text" value="1000"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, un major cost de reintegració implica un menor índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor cost tingui el projecte.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es prenen 0,000000 milions d'Euros per obtenir la valoració de màxima satisfacció i 25.000 milions d'Euros per obtenir una valoració de mínima satisfacció. Aquest rang de valor es justifica per la consideració del programador de que el valor monetari del cost de reintegració rebi com a màxim la mateixa valoració que el del cost d'inversió, és a dir si existissin planejaments projectes de reintegració de les infraestructures similars als de construcció de noves o millora de les actuals, aquests en la seva situació extrema haurien d'estimar els mateixos valors monetaris que pels d'inversió. Pot ser un límit superior sobrevalorat ja que la societat no entendria comprometre el mateix valor de recursos monetaris de nova inversió en reintegració, d'altra banda tampoc existeix un consens que ho negui. Davant la falta de literatura, preval la valoració del programador podent modificar el límits en l'avaluació.

## Indicador Capacitat d'autofinançament

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> <p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 1 Escala de valor                      3 Escala de valor</p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 3</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,2"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

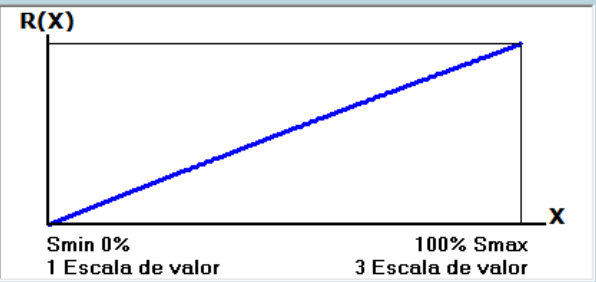

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d'augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** com que es mesura des de la perspectiva d'un indicador qualitatiu es segueixen unes valoracions que recullen la capacitat d'autofinançament. Segons el criteri del programador la valoració 1 implica el punt de mínima satisfacció i la valoració 3 el punt de màxima satisfacció dins de les possibles valoracions 1, 2 o 3.

### Valoració    Capacitat d'autofinançament

- |          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | <i>Infraestructura deficitària</i>   |
| <b>2</b> | <i>Infraestructura parcialment deficitària i amb capacitat parcial d'autofinançament</i> |

### Indicador Mecanismes de finançament

Funció de valor	Elementos de puntuación
<b>Límites de la función de valor</b> Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="1"/>  Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="3"/>	<b>Representación gráfica a escala real</b> 
<b>Rango de validez del indicador</b> Límite inferior ..... <input type="text"/>  Límite superior ... <input type="text"/>	<b>Parámetros de la función continua</b> Factor de forma ( $0 < P < \infty$ ) <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/> Pto. inflexión en ordenada ( $0 < K < 1$ ) <input type="text" value="0,01"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/> Pto. inflexión en abcisa ( $1 < C < 3$ ) <input type="text" value="1,2"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>
<b>Unidad aceptada</b> <input type="text" value="Escala de valor"/>	

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** com que es mesura des de la perspectiva d'un indicador qualitatiu es segueixen unes valoracions que recullen els diferents mecanismes de finançament. Segons el criteri del programador la valoració 1 implica el punt de mínima satisfacció i la valoració 3 el punt de màxima satisfacció dins de les possibles valoracions 1, 2 o 3. Aquesta valoració respon a la necessitat d'establir una disciplina pressupostària, assignant un major índex de valor a

aquells mecanismes que realitzen una menor càrrega sobre la despesa pública (finançament extra pressupostari, FE) i un menor índex de valor als que realitzen una major càrrega sobre la despesa pública (finançament pressupostari, FP). L'ordre de satisfacció entre els diferents mecanismes dins del finançament pressupostari segueix el mateix criteri, mesura en que es compromet despesa pública, i a més a més es valora positivament que el mecanisme ajorni el pagament al llarg del temps.

Valoració	
1	<p><i>FP_A Inversió directa ; FP_B Inversió indirecte, transferències de capital</i></p> <p>La valoració 1 és la menys satisfactòria ja que tot el finançament es realitza mitjançant despesa pública.</p>
2	<p><i>FP_C Inversió diferida, abonament total ; FP_D Inversió diferida, peatge a l'ombra</i></p> <p>Mecanisme de finançament amb índex de valor mig ja que compromet despesa pública. No tant insatisfactori com la valoració 1 ja que es consideren mecanismes de pagament diferits en el temps, però no tant satisfactori com la valoració 3 on no es compromet despesa pública.</p>
3	<p><i>FE_A Concessió d'obra pública, FE_B Fórmules creuades de finançament, FE_C Associacions públic-privades</i></p> <p>Mecanismes de finançament satisfactoris ja que la contribució pública no computa com a despesa.</p>

Es tracta d'una assignació de l'índex de valor tenint en compte bàsicament la despesa pública, la consideració d'aquesta única valoració pot no conduir al projecte més satisfactori ja que la càrrega de la totalitat del cost sobre els usuaris no sempre ha de conduir a la situació més satisfactòria. D'altra banda, es podent establir diferents valoracions en noves versions segons el consens establert.

Indicador Capacitat operativa
-------------------------------

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción</p> <p>Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción</p> <p>Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 150px;"><math>S_{min}</math> 0%</span> <span>100% <math>S_{max}</math></span> </p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 150px;">0 Coef. capacitat</span> <span>1 Coef. capacitat</span> </p> </div>
<p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p>	<p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="0,1"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p>
<p><b>Unidad aceptada</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;">             Coef. capacitat         </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

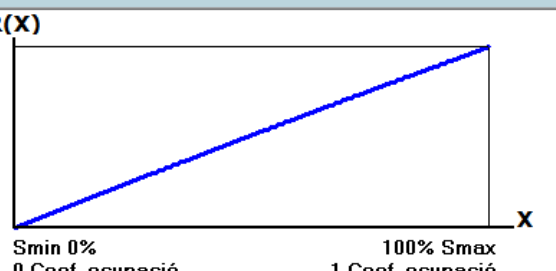
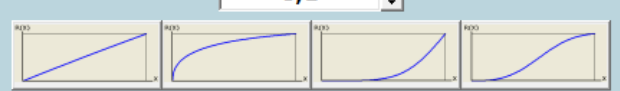
**Justificació dels límits de la funció de valor:** es mesura segons el coeficient de capacitat  $\mathcal{C}$

$$C = \frac{C_{operativa}}{C_{disseny}} \quad \text{si } C_{operativa} \leq C_{disseny}$$

$$C = 1 + \left(1 - \frac{C_{operativa}}{C_{disseny}}\right) \quad \text{si } C_{operativa} > C_{disseny}$$

El límit inferior de la funció de valor val zero quan el coeficient de capacitat recull que la capacitat operativa mitja no té flux de vehicles, el que representa la situació més insatisfactòria. Per contra que la capacitat operativa mitja sigui la mateixa que la capacitat màxima de disseny implica que la infraestructura s'està aprofitant en la seva màxima capacitat, es recull un coeficient 1, el que representa la situació de màxima

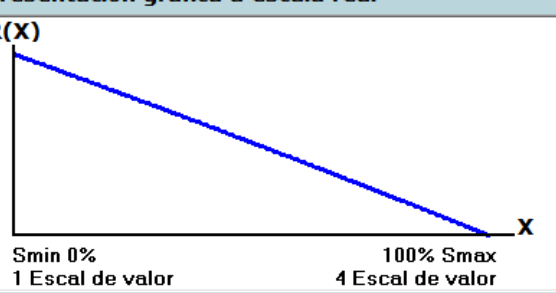

satisfacció. Si el coeficient és major que 1, quan la capacitat operativa és superior a la de disseny, s'experimenta una pèrdua de qualitat en la infraestructura el que implica una situació menys satisfactòria. La satisfacció d'aquesta per un excés de flux serà l'anàleg al dèficit en el mateix grau (per exemple un coeficient  $C = 1,3$  és anàleg en termes d'índex de satisfacció al de  $C = 0,7$ ).

Indicador Ocupació dels vehicles	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <b>Función de valor</b> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Coef. ocupació"/></p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <b>Elementos de puntuación</b> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)  <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)  <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 1</math>)  <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,1"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es mesura segons el coeficient d' ocupació  $O$  definit en l'apartat de l'arbre de presa decisió. El límit inferior de la funció de valor val zero quan el coeficient d'ocupació recull que l'ocupació real del vehicle mig és zero, el que representa la situació més insatisfactòria. Per contra que l'ocupació

real sigui la mateixa que l' ocupació màxima del vehicle mig, implica que la infraestructura s'està aprofitant en la seva màxima capacitat, es recull un coeficient 1, el que representa la situació de màxima satisfacció.

Indicador Congestió	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>Función de valor</b></p> <p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escal de valor"/></p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>Elementos de puntuación</b></p> <p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></div></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/></div></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3,7"/></div></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, una major congestió implica un menor índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren el valor 1 com a màxima satisfacció ja que representa que no s'experimenta congestió. El menor índex de valor és per la valoració 4 ja que incideix en que en la infraestructura s'experimenta molta congestió.

## Indicador Estalvi del temps de viatge

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="coef. estalvi t"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>R(X)</b></p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 50px;" type="text" value="2,5"/></div></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 50px;" type="text" value="0,3"/></div></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 1</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 50px;" type="text" value="0,8"/></div></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, un major coeficient d' estalvi de temps implica un major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan major estalvi de temps es produeixi .Donat que casi tota nova actuació implica un estalvi de temps, el que cal valorar és quant gran és aquest estalvi de temps. Per això s'atorga major índex de valor en major mesura quan major sigui el coeficient d'estalvi de temps.

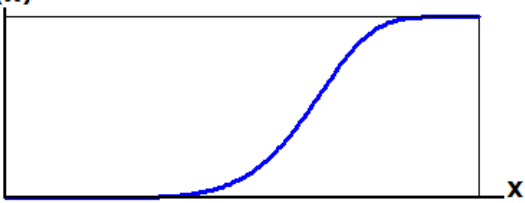

**Justificació dels límits de la funció de valor:** el coeficient del temps de viatge fa referència a:

$$\mathcal{T} = \frac{\tau_{abans\ del\ nou\ projecte} - \tau_{després\ del\ nou\ projecte}}{\tau_{abans\ del\ nou\ projecte}}$$

Es pren mínima satisfacció quan no s'obtenen estalvis de temps,  $\mathcal{T} = 0$ , i màxima satisfacció quan l'estalvi de temps representa un valor igual al del temps de l'antic trajecte,  $\mathcal{T} = 1$ , situació ideal que vol dir que no es consumeix temps en realitzar el nou trajecte.



## Indicador Velocitat comercial

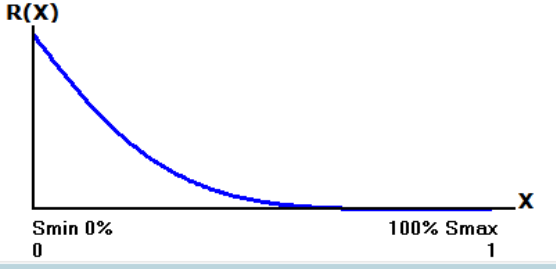

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Coef de Vel com"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;">R(X)</p>  <p style="text-align: center;">X</p> <p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 0 Coef de Vel com                      1 Coef de Vel com</p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (0 &lt; P &lt; infinito) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="7"/></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (0 &lt; K &lt; 1) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,42"/></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (0 &lt; C &lt; 1) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,60"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, un major coeficient de velocitat comercial implica un major índex de valor. Pren forma en S ja que l' increment o disminució de l'índex de valor es detecta significativament a partir d'uns determinats valors. Per valors baixos, l'índex de valor sempre ha de ser baix, superat el punt de saturació de la funció S, punt on es considera una velocitat comercial competitiva, és quan l'índex de valor ha de ser gran. A partir d'aquest punt petits guanys de velocitat comercials, representen grans guanys en l'índex de valor.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** el coeficient de velocitat comercial relativa amb que es mesura aquest requeriment, definit en l'apartat de l'arbre de presa de decisió, fa referència a: 
$$\mathcal{V} = \frac{v_{comercial}}{v_{màxima\ de\ disseny}}$$

Es pren mínima satisfacció quan la velocitat comercial és zero,  $\mathcal{V} = 0$ , i màxima satisfacció quan la velocitat comercial pren el mateix valor que la velocitat màxima de disseny,  $\mathcal{V} = 1$ , situació ideal que vol dir que no es realitzen aturades ni altres pèrdues de temps durant el trajecte.

## Indicador Temps d'embarcament

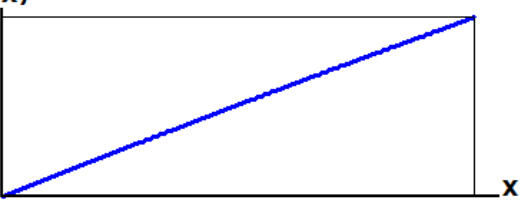
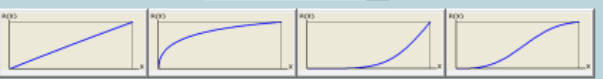
Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p><input style="width: 150px;" type="text" value="coef t emb"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p>  <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>) <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="4,96"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="0,21"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 1</math>) <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="0,2"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, un menor coeficient del temps d'embarcament implica un major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor sigui el coeficient de temps d'embarcament.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** el coeficient de temps d'embarcament fa referència a:  $\mathcal{E} = \frac{e_{\text{temps d'embarcament}}}{e_{\text{temps del trajecte}}}$

Es pren mínima satisfacció quan el temps d'embarcament consum el mateix temps que el temps del trajecte,  $\mathcal{E} = 1$ , i màxima satisfacció quan no es requereix temps d'embarcament  $\mathcal{E} = 0$ .

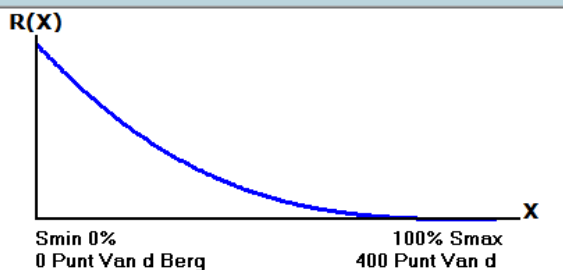

## Indicador Confort i fiabilitat

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p>  <p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 1 Escala de valor                      4 Escala de valor</p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,3"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, a major valoració del confort i la fiabilitat major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport és molt inconfortable i molt incert, s' assigna un menor índex de valor. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte és molt confortable i fiable, s'assigna el màxim índex de valor.

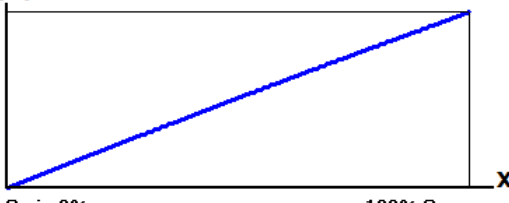

## Indicador Contaminació acústica

Función de valor	Elementos de puntuación
<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <b>Límites de la función de valor</b>             Punto de mínima satisfacción            Referencia ..... <input style="width: 80px;" type="text" value="400"/>             Punto de máxima satisfacción            Referencia ..... <input style="width: 80px;" type="text" value="0"/> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <b>Rango de validez del indicador</b>             Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/>             Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <b>Unidad aceptada</b>   <input style="width: 100px;" type="text" value="€ Van d Berg"/> </div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <b>Representación gráfica a escala real</b>   </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <b>Parámetros de la función continua</b>            Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>)  <input style="width: 80px;" type="text" value="3,00"/> <span style="float: right;">▲▼</span>            Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)  <input style="width: 80px;" type="text" value="0,10"/> <span style="float: right;">▲▼</span>            Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 400</math>)  <input style="width: 80px;" type="text" value="10,00"/> <span style="float: right;">▲▼</span>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, a menor valoració monetària, major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor sigui la valoració monetària.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren 0 euros per obtenir la valoració de màxima satisfacció i 500 € per obtenir una valoració de mínima satisfacció. El valor monetari representa els costos quantificables dels efectes sobre la salut i el valor monetari estimat sobre les molèsties del soroll segons els decibels emesos i la tipologia d'infraestructura. Aquest rang de valor es justifica per la taula definició de l'indicador, on es considera un màxim de 397 euros. Segons el criteri del programador aquest valor s'augmenta fins a 500 € per avaluar situacions extraordinàries i adequar la funció de valor.

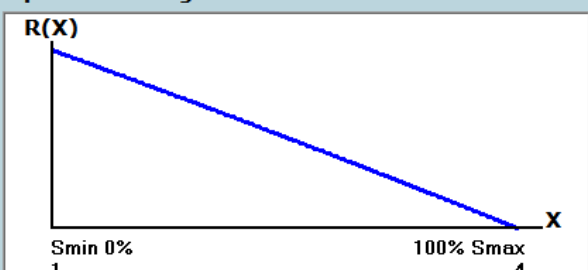

## Indicador Sinistralitat

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escal de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p>  <p style="text-align: center;"><math>X</math></p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,3"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, a major reducció del risc d'accidentalitat major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport redueix molt poc el risc de d'accidentalitat, s' assigna el menor índex de valor. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte redueix molt el risc d'accidentalitat, s'assigna el màxim índex de valor.

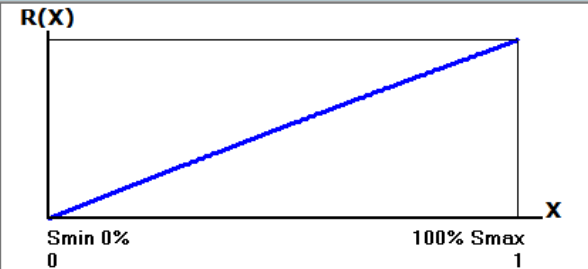

## Indicador Vibracions

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p>  <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3,7"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, una menor valoració dels efectes negatius de la vibració implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport no produeix cap vibració amb efectes negatius en l'entorn, per aquest motiu s' assigna un major índex de valor. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte produeix moltes vibracions amb efectes negatius en l'entorn, el que condueix al mínim índex de valor

## Indicador Conflictivitat i rebuig local

Función de valor	Elementos de puntuación
<b>Límites de la función de valor</b> Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="0"/>  Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="1"/>	<b>Representación gráfica a escala real</b> 
<b>Rango de validez del indicador</b> Límite inferior .... <input type="text"/>  Límite superior ... <input type="text"/>	<b>Parámetros de la función continua</b> Factor de forma ( $0 < P < \infty$ ) <input type="text" value="1"/> Pto. inflexión en ordenada ( $0 < K < 1$ ) <input type="text" value="0,01"/> Pto. inflexión en abcisa ( $0 < C < 1$ ) <input type="text" value="0,1"/>
<b>Unidad aceptada</b> <input type="text" value="element booleà"/>	

Lineal

**Funció de valor:** la forma de la funció de valor no compromet a la puntuació en l'índex de satisfacció, ja que l'apartat de l'arbre de presa decisió defineix dos únics elements d'entrada, que a la vegada conformen els límits de la funció de valor.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es considera una funció definida a partir d'elements booleans, 0 o 1. Ambdós elements sorgeixen de la pregunta: *el nou projecte és rebutjat per la comunitat local?* Si la resposta és afirmativa s'assigna el valor 0 que implica el menor índex de valor. Per contra, si la resposta és negativa, valor 1, rep el major índex de valor.

## Indicador Repercussió sobre el mercat laboral

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> <p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 1 Escala de valor                      4 Escala de valor</p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,5"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="2,5"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració de la repercussió sobre el mercat laboral implica un major índex de valor. Pren forma en S ja que l' increment o disminució de l'índex de satisfacció es detecta significativament a partir de la valoració 2 ja que tot projecte de transport incideix mínimament en el mercat laboral. La valoracions que aporten major satisfacció han de partir del punt de saturació, en aquest cas la valoració 2.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport no produeix cap repercussió sobre el mercat laboral, per aquest motiu s'assigna un índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte té molta repercussió sobre el mercat laboral, el que condueix al màxim índex de valor.



## Indicador Atracció d'empreses

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> </div>
<p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p>	<p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="font-size: small;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="font-size: small;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,3"/> <span style="font-size: small;">▲ ▼</span></p>
<p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració en la capacitat d'atracció d'empreses implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport incideix en molt poc en augmentar la capacitat d'atracció d'empreses, per aquest motiu s' assigna l'índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte incideix molt en la capacitat d'atracció d'empreses, conseqüentment s'assigna el major índex de valor.

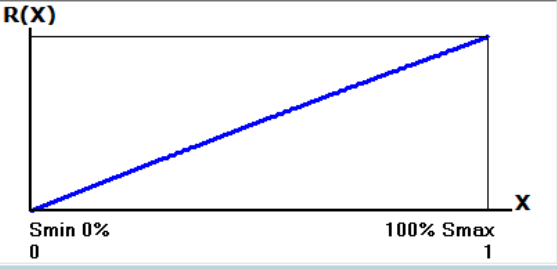

## Indicador Millora de la competitivitat empresarial

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="font-size: small;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="font-size: small;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,3"/> <span style="font-size: small;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració en la millora de la competitivitat empresarial implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport no incideix en la millora de la competitivitat empresarial, per aquest motiu s' assigna un índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte incideix molt en la millora de la competitivitat empresarial, conseqüentment s' assigna el major índex de valor.

## Indicador Distribució de rendes

Función de valor	Elementos de puntuación
<b>Límites de la función de valor</b> Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="0"/>  Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="1"/>	<b>Representación gráfica a escala real</b> 
<b>Rango de validez del indicador</b> Límite inferior ..... <input type="text"/>  Límite superior ... <input type="text"/>  <b>Unidad aceptada</b> <input type="text" value="element booleà"/>	<b>Parámetros de la función continua</b> Factor de forma ( $0 < P < \infty$ ) <input type="text" value="1"/>  Pto. inflexión en ordenada ( $0 < K < 1$ ) <input type="text" value="0,01"/>  Pto. inflexión en abcisa ( $0 < C < 1$ ) <input type="text" value="0,1"/>  

Lineal

**Funció de valor:** la forma de la funció de valor no compromet a la puntuació en l'índex de satisfacció, ja que l'apartat de l'arbre de presa decisió defineix dos únics elements d'entrada, que a la vegada conformen els límits de la funció de valor.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es considera una funció definida a partir d'elements booleans, 0 o 1. Ambdós elements sorgeixen de la pregunta: *la distribució de renda que comporta el projecte de transport respon al planejament establert?* En cas negatiu, 0, es consideren els efectes de la distribució de rendes com una externalitat, no considerats en el planejament i que per tant s'assigna el menor índex de valor. En cas afirmatiu, 1, la distribució de rendes resultat del nou projecte és un objectiu a assolir i no una externalitat negativa del projecte, pel que s'assigna el major índex de valor.

## Indicador Repercussió sobre el sector construcció

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> <p style="text-align: center;">Smin 0% <span style="margin-left: 150px;">100% Smax</span></p> <p style="text-align: center;">1 <span style="margin-left: 150px;">4</span></p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="float: right;">▲▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="float: right;">▲▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,3"/> <span style="float: right;">▲▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major valoració en repercussió sobre els sectors de construcció implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport no repercuteix gens en els agents constructius, per aquest motiu s' assigna un índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte repercuteix molt sobre els agents constructius, conseqüentment s' assigna el major índex de valor.

## Indicador Equitat i cohesió social

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> <p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 1 Escala de valor                      4 Escala de valor</p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="2,55"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,3"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3,4"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major repercussió favorable en l'equitat i la cohesió social implica un major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan major equitat i cohesió social aportí el nou projecte.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport no repercuteix gens en l'equitat i la cohesió social segons els termes definits en l'apartat de l'arbre de requeriments, per aquest motiu s' assigna un índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte repercuteix molt en l'equitat i la cohesió, conseqüentment s'assigna el major índex de valor.

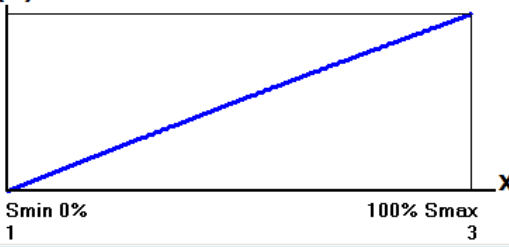

## Indicador Efecte sobre la qualitat de vida

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p> <p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 1 Escala de valor                      4 Escala de valor</p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="2,55"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,3"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3,4"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major repercussió favorable en la qualitat de vida implica un major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan major efecte sobre la qualitat de vida aportí el nou projecte.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport no repercuteix gens en la qualitat de vida, per aquest motiu s'assigna un índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte repercuteix molt en la qualitat de vida, conseqüentment s'assigna el major índex de valor.

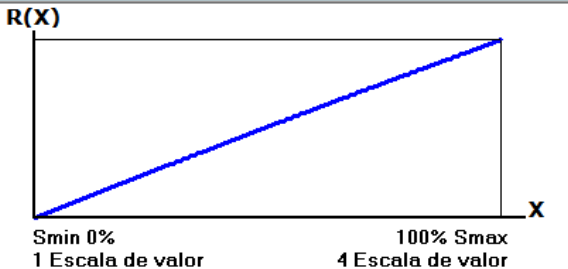

## Indicador Creixement de la població

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>R(X)</b></p>  </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p>Pto. inflexión en abscisa (<math>1 &lt; C &lt; 3</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,2"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, un major creixement sostenible de la població implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport repercuteix en un creixement demogràfic gens sostingut, per aquest motiu s' assigna un índex de valor mínim. La valoració 3 de l'escala de valor representa que el projecte repercuteix en un creixement demogràfic molt sostingut, conseqüentment s'assigna el major índex de valor.

## Indicador Estructura de la xarxa intermodal

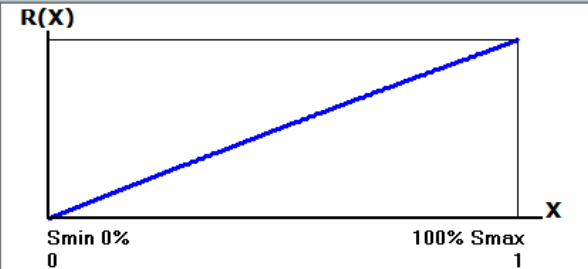

Función de valor		Elementos de puntuación	
<b>Límites de la función de valor</b> Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="1"/>  Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="4"/>		<b>Representación gráfica a escala real</b> 	
<b>Rango de validez del indicador</b> Límite inferior ..... <input type="text"/>  Límite superior ... <input type="text"/>		<b>Parámetros de la función continua</b> Factor de forma ( $0 < P < \text{infinito}$ ) <input type="text" value="1"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/> Pto. inflexión en ordenada ( $0 < K < 1$ ) <input type="text" value="0,01"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/> Pto. inflexión en abcisa ( $1 < C < 4$ ) <input type="text" value="1,3"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>	
<b>Unidad aceptada</b> <input type="text" value="Escala de valor"/>			

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major repercussió del nou projecte en una estructura intermodal del transport implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que el projecte de transport té una molt baixa incidència en la intermodalitat de la xarxa de transport, per aquest motiu s' assigna un índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que el projecte té una molt alta incidència en la intermodalitat de la xarxa de transport, conseqüentment s'assigna el major índex de valor.



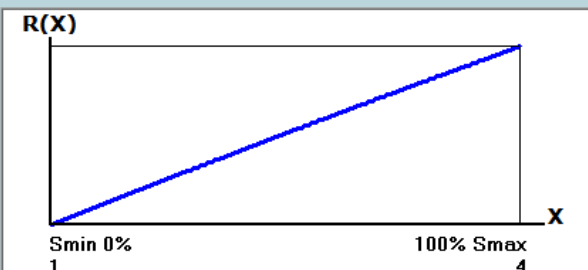
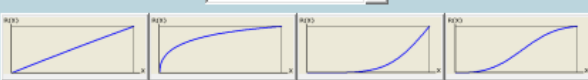
## Indicador Ordenació polític territorial

Función de valor	Elementos de puntuación
<b>Límites de la función de valor</b> Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="0"/>  Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="1"/>	<b>Representación gráfica a escala real</b> 
<b>Rango de validez del indicador</b> Límite inferior .... <input type="text"/>  Límite superior ... <input type="text"/>	<b>Parámetros de la función continua</b> Factor de forma ( $0 < P < \infty$ ) <input type="text" value="1"/>  Pto. inflexión en ordenada ( $0 < K < 1$ ) <input type="text" value="0,01"/>  Pto. inflexión en abcisa ( $0 < C < 1$ ) <input type="text" value="0,1"/>
<b>Unidad aceptada</b> <input type="text" value="element booleà"/>	

**Funció de valor:** la forma de la funció de valor no compromet a la puntuació en l'índex de valor, ja que l'apartat de l'arbre de presa decisió defineix dos únics elements d'entrada, que a la vegada conformen els límits de la funció de valor.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es considera una funció definida a partir d'elements booleans, 0 o 1. Ambdós elements sorgeixen de la pregunta: *l'ordenament territorial que en resulta del projecte de transport respon al planejament establert?* En cas negatiu, 0, es considera l'ordenament territorial com una externalitat, no considerat en el planejament o amb efectes negatius, i que per tant s'assigna el menor índex de valor. En cas afirmatiu, 1, l'ordenament territorial resultat del nou projecte és un objectiu a assolir i no una externalitat negativa del projecte, pel que s'assigna el major índex de valor.

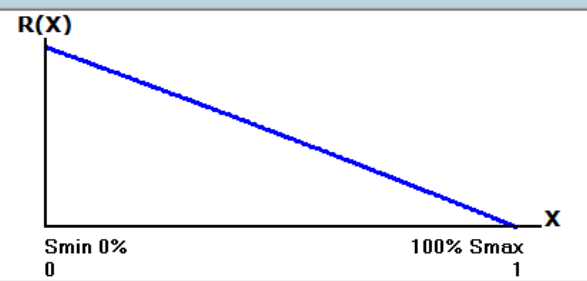
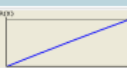



## Indicador Ontogènesi territorial

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> 
<p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p>	<p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,3"/></p>
<p><b>Unidad aceptada</b></p> <p><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, una major equilibri en el desenvolupament entre l'oferta de mobilitat i la demanda del territori implica un major índex de valor. Pren forma lineal ja que amb un augment o disminució de la valoració, la satisfacció ha d' augmentar o disminuir en la mateixa mesura independentment del punt d'abscissa.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** la valoració 1 de l'escala de valor representa que l'oferta i la demanda de mobilitat del territori després de la nova infraestructura estan gens equilibrades, per aquest motiu s' assigna un índex de valor mínim. La valoració 4 de l'escala de valor representa que l'oferta de mobilitat de la infraestructura assoleix un equilibri total amb la demanda del territori, per això s'assigna el major índex de valor.

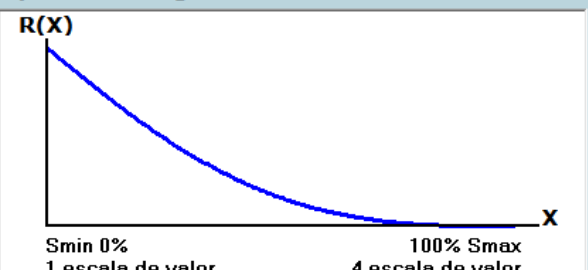

## Indicador Contaminació atmosfèrica

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p><input style="width: 100px;" type="text" value="Element booleà"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p>  <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,01"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>0 &lt; C &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,9"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div>

**Funció de valor:** la forma de la funció de valor no compromet a la puntuació en l'índex de satisfacció, ja que l'apartat de l'arbre de presa decisió defineix dos únics elements d'entrada, que a la vegada conformen els límits de la funció de valor.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es considera una funció definida a partir d'elements booleans, 0 o 1. Ambdós elements sorgeixen de la pregunta: *el nou projecte representa un estalvi de contaminació atmosfèrica enfront a l'absència de la nova infraestructura?* Si la resposta és afirmativa s'assigna el valor 0, on l'estalvi de la contaminació permet considerar el major índex de valor. Si la resposta és negativa s'assigna el valor 1, la nova infraestructura provoca un augment dels efectes de la contaminació i per això s'assigna el major índex de valor.

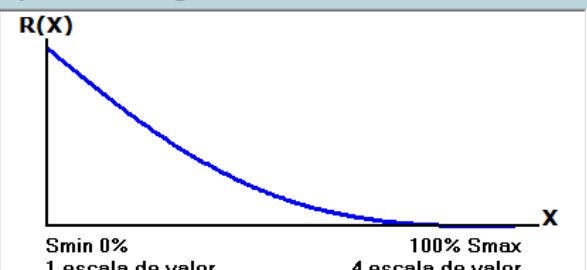

## Indicador Contaminació del sòl

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p>  <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3,00"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,3"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,6"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, a menor efecte de la contaminació en el sòl, major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor sigui la valoració dels efectes de la contaminació.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren el valor 4 per obtenir una valoració de mínima satisfacció, ja que aquest representa que la contaminació del sòl del projecte de transport té efectes molt negatius sota els termes definits en l'apartat de l'arbre de presa de decisió. El valor 1 representa que no existeix contaminació en el sòl, per això s'assigna el major índex de valor.

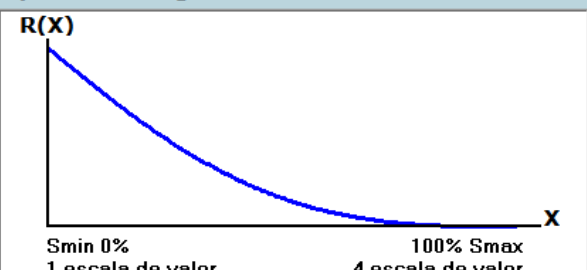

## Indicador Contaminació d'aigües

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;">  </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3,00"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,3"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,6"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, a menor efecte de la contaminació de les aigües, major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor sigui la valoració dels efectes de la contaminació.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren el valor 4 per obtenir una valoració de mínima satisfacció, ja que aquest representa que els efectes de la contaminació de les aigües del projecte de transport té efectes molt negatius sota els termes definits en l'apartat de l'arbre de presa de decisió. El valor 1 representa que no existeix contaminació en les aigües, per això s'assigna el major índex de valor.

## Indicador Afecció sobre el patrimoni natural/cultural

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p><input style="width: 150px;" type="text" value="escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p>  <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3,00"/></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,3"/></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1,6"/></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, a major afectació sobre el patrimoni natural/cultural, menor índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor sigui l'afecció sobre el patrimoni natural/cultural.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren el valor 4 per obtenir una valoració de mínima satisfacció, ja que aquest representa que la infraestructura afecta molt al patrimoni natural/cultural de l'entorn. El valor 1 representa que no afecta al patrimoni natural/cultural, per això s'assigna el major índex de valor.

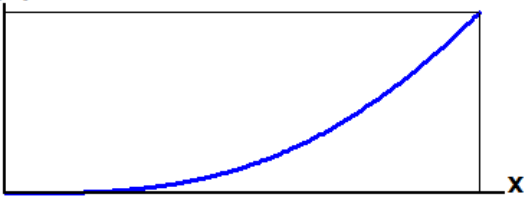

## Indicador Inserció estètica

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior ..... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p>Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \text{infinito}</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text" value="3,00"/></div></p> <p>Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text" value="0,3"/></div></p> <p>Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>) <div style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text" value="1,6"/></div></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> </div>

**Funció de valor:** es considera una funció decreixent, a major dificultat d'inserció estètica en l'entorn, menor índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan menor sigui la dificultat d'inserció estètica en l'entorn.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren el valor 4 per obtenir una valoració de mínima satisfacció, ja que aquest representa que la inserció estètica es realitza amb molta dificultat. El valor 1 representa que la nova infraestructura s'insereix estèticament amb molta facilitat en el seu entorn, per aquest motiu s'assigna el major índex de valor.

## Indicador Gestió de recursos i residus

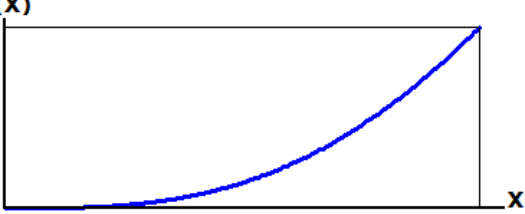

Función de valor	Elementos de puntuación
<p><b>Límites de la función de valor</b></p> <p>Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1"/></p> <p>Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/></p> <p><b>Rango de validez del indicador</b></p> <p>Límite inferior .... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Límite superior ... <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p><b>Unidad aceptada</b></p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 100px;" type="text" value="Escala de valor"/></p>	<p><b>Representación gráfica a escala real</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center;"><math>R(X)</math></p>  <p style="text-align: center;">Smin 0%                      100% Smax 1 Escala de valor                      4 Escala de valor</p> </div> <p><b>Parámetros de la función continua</b></p> <p style="text-align: center;">Factor de forma (<math>0 &lt; P &lt; \infty</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="3"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en ordenada (<math>0 &lt; K &lt; 1</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="0,3"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <p style="text-align: center;">Pto. inflexión en abcisa (<math>1 &lt; C &lt; 4</math>)</p> <p style="text-align: center;"><input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="4"/> <span style="float: right;">▲ ▼</span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">  </div>

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, a menor dificultat per gestionar els residus i recursos, major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan major sigui la dificultat d'inserció estètica en l'entorn.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren el valor 1 per obtenir una valoració de mínima satisfacció, ja que aquest representa que el nou projecte té una gestió molt difícil dels recursos i dels residus, s'entén per gestió la definida en l'apartat de l'arbre de presa de decisió. El valor 4 representa que la gestió dels residus i dels recursos es realitza amb molta facilitat i per tant es valora amb la màxima satisfacció.



## Indicador Integració de l'estructura residual

Función de valor	Elementos de puntuación
<b>Límites de la función de valor</b> Punto de mínima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="1"/>  Punto de máxima satisfacción Referencia ..... <input type="text" value="4"/>	<b>Representación gráfica a escala real</b> 
<b>Rango de validez del indicador</b> Límite inferior .... <input type="text"/>  Límite superior ... <input type="text"/>	<b>Parámetros de la función continua</b> Factor de forma ( $0 < P < \text{infinito}$ ) <input type="text" value="3"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/> Pto. inflexión en ordenada ( $0 < K < 1$ ) <input type="text" value="0,3"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/> Pto. inflexión en abcisa ( $1 < C < 4$ ) <input type="text" value="4"/> <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>
<b>Unidad aceptada</b> <input type="text" value="Escala de valor"/>	

**Funció de valor:** es considera una funció creixent, a major facilitat per integrar l'estructura residual en el medi, major índex de valor. Pren forma còncava ja que l'índex de valor ha de ser molt més gran quan major sigui la facilitat d'integrar l'estructura residual en el medi.

**Justificació dels límits de la funció de valor:** es pren el valor 1 per obtenir una valoració de mínima satisfacció, ja que aquest representa que el nou projecte té un impacte tan gran en el medi que dificulta molt la seva reintegració. El valor 4 representa que no existeix impacte en el medi és inexistent pel que la infraestructura residual resta integrada en el medi, per això s'assigna el màxim índex de valor.

### 3.4. Assignació de pesos

La ponderació dels elements amb que s'avalua el projecte resulta d'una importància cabdal ja que mostra el sentit que té per al decisor cada element. En la presa de decisió per materialitzar un projecte o un altre, no sempre s'escull el projecte de transport més rendible, el que proporciona major estalvi de temps de viatge, el més econòmic, el que menys contamina ... dependrà de la importància relativa que tingui cada element d'avaluació. Fent ús dels tòpics un tècnic donaria més importància a la funcionalitat del projecte, un polític versaria la seva decisió enfront a la vertebració social i territorial, un ecologista magnificaria la vessant mediambiental, ...

En aquest treball s'ha considerat la importància del món polític ja que en última instància és qui pren les decisions en la planificació de les infraestructures del transport, assessorat i seguint les valoracions d'altres sectors. S'ha realitzat una ponderació per part de dues personalitats amb experiència en càrrecs de presa de decisió a fi de recollir la seva ponderació. Cal remarcar que aquesta pot no ser consistent degut a la metodologia emprada per realitzar-la.

La metodologia emprada per recollir les ponderacions ha estat per ponderació directe de l'arbre de requeriments, sent recomanable per futures ampliacions seguir el procés analític jerarquitzat, AHP per les seves sigles en anglès. Aquest tal com recull l'article del Professor Frances Robusté (1987) consisteix en una tècnica multicriteri que permet obtenir de forma numérica els valors dels pesos dels criteris de evaluació basant-se en la teoria de valor i vectors propis d'una matriu positiva, recíproca i consistent. Evita els problemes de subvaloració i biaix que apareixen en la ponderació directe.

#### 3.4.1. Ponderació A

Aquesta ponderació respon al conseller del Departament de Territori i Sostenibilitat, l'Hble. Sr. Lluís Recoder i Miralles, durant el transcurs d'una entrevista presencial on se li explicaren els indicadors, criteris i requeriments a ponderar. El mètode establert fou el de ponderació directe.

REQMNT	Pes	CRITERIS	Pes	INDICADORS	Pes
Econòmic	10%	Cost	90%	Cost d'inversió	75%
				Cost de manteniment	10%
				Cost de gestió	5%
				Cost d'operació dels vehicles	5%
				Cost de reintegració	5%
		Finançament	10%	Autofinançament	90%
				Mecanismes de finançament	10%
Funcional	70%	Eficiència	60%	Capacitat operativa	70%
				Ocupació dels vehicles	20%
				Congestió	10%
		Qualitat	30%	Valor del temps de viatge	40%
				Velocitat comercial	10%
				Temps d'embarcament	10%
				Confort i fiabilitat	40%
		Externalitats	10%	Contaminació acústica	40%
				Sinistralitat	40%
				Conflictivitat i rebuig local	10%
				Vibracions	10%
Social i territorial	10%	Desenvolupament econòmic-social	50%	Repercussió sobre el mercat laboral	10%
				Atracció d'empreses	10%
				Millora de la competitivitat empresarial	60%
				Redistribució de rendes	10%
				Repercussió sobre els operadors constr.	10%
		Desenvolupament de la població	20%	Equitat i cohesió social	40%
				Efecte sobre la qualitat de vida	40%
				Creixement de la població	20%
		Equilibri territorial	30%	Estructura de la xarxa intermodal	5%
				Ordenació polític territorial	15%
				Ontogènesi territorial	80%
Medi ambiental	10%	Contaminació	30%	Contaminació atmosfèrica	80%
				Contaminació del sòl	10%
				Contaminació d'aigües	10%
		Adequació en l'entorn	70%	Afecció sobre el patrimoni natural/cult.	85%
				Inserció estètica	5%
				Gestió recursos i residus	5%
				Integració de l'estructura residual	5%

### 3.4.2. Ponderació B

Aquesta ponderació respon a l'ex-conseller del Departament de Mediambient i habitatge, l'Hble. Sr. Salvador Milà i Solsona, durant el transcurs d'una entrevista presencial on s'explicaren els indicadors, criteris i requeriments a ponderar. El mètode establert fou el de ponderació directe.

REQMNT	Pes	CRITERIS	Pes	INDICADORS	Pes
Econòmic	20%	Cost	40%	Cost d'inversió	30%
				Cost de manteniment	30%
				Cost de gestió	15%
				Cost d'operació dels vehicles	15%
				Cost de reintegració	10%
		Finançament	60%	Autofinançament	40%
				Mecanismes de finançament	60%
Funcional	25%	Eficiència	35%	Capacitat operativa	40%
				Ocupació dels vehicles	25%
				Congestió	35%
		Qualitat	30%	Valor del temps de viatge	30%
				Velocitat comercial	30%
				Temps d'embarcament	10%
				Confort i fiabilitat	30%
		Externalitats	35%	Contaminació acústica	20%
				Sinistralitat	40%
				Conflictivitat i rebuig local	30%
				Vibracions	10%
Social i territorial	30%	Desenvolupament econòmic-social	35%	Repercussió sobre el mercat laboral	20%
				Atracció d'empreses	20%
				Millora de la competitivitat empresarial	20%
				Redistribució de rendes	30%
				Repercussió sobre els operadors constr.	10%
		Desenvolupament de la població	35%	Equitat i cohesió social	40%
				Efecte sobre la qualitat de vida	40%
				Creixement de la població	20%
		Equilibri territorial	30%	Estructura de la xarxa intermodal	40%
				Ordenació polític territorial	40%
Medi ambiental	25%	Contaminació	50%	Ontogènesi territorial	20%
				Contaminació atmosfèrica	35%
				Contaminació del sòl	30%
		Adequació en l'entorn	50%	Contaminació d'aigües	35%
				Afecció sobre el patrimoni natural/cult.	30%
				Inserció estètica	15%
				Gestió recursos i residus	30%
				Integració de l'estructura residual	25%

### 3.5. Definició de les alternatives – Aplicació a uns projectes hipotètics

Es proposen uns hipotètics projectes de transport per tal de realitzar un exemple del procés d'avaluació. Es tracta d'exemples ficticis que ajuden a comprendre el procés d'avaluació i expliciten el mode a procedir sota el model proposat en aquest treball. Igualment permeten obtenir els resultats d'una avaluació sota aquesta metodologia. La informació proporcionada per avaluar el projecte respon només a la necessitat d'avaluació dels indicadors definits en aquest treball. També s'introdueix una explicació del projecte que resumeix les característiques del mateix.

Les alternatives descrites responen als exemples d'avaluació de la guia del Col·legi de Camins ja que representen un bon punt de partida per tal d'exemplificar diferents tipologies de projectes de transport. Cal remarcar que el contrast dels resultats d'ambdues valoracions cal realitzar-la amb sentit crític ja que malgrat que les explicacions del projecte s'han extret de la mencionada guia, molts indicadors han estat estimats segons la necessitat d'informació d'aquest model d'avaluació, a més altres dades han estat modificades per tal d'incidir en una anàlisi determinat.

Els resultats obtinguts no serveixen per fer una valoració de projectes similars en la realitat ja que els indicadors s'han pres artificiosament per tal d'exemplificar l'apartat alternatives de la metodologia. La fi d'aquest apartat es exemplificar els resultats que s'obtidrien emprant aquesta metodologia restant importància a la valoració real de l'explicació dels projectes.

#### 3.5.1. Alternativa 1: Construcció d'un nou aeroport regional

*Construcció d' un nou aeroport regional per a aviació comercial que doni resposta i reforci alhora una creixent demanda de viatges turístics internacionals generats per una àrea de muntanya propera, i aprofitar els impactes positius de la nova infraestructura per al desenvolupament econòmic local i l'ampliació del seu mercat turístic a escala europea, i fer-lo menys estacional.*

*L'àrea on es construirà el nou aeroport no disposa actualment de cap infraestructura d'aquestes característiques. Tant els viatges generats per l'àrea de muntanya, com la resta de viatges de residents o visitants locals s'efectuen actualment en un gran aeroport d'abast internacional, situat dins la regió però a una distància de 160km del nou aeroport. La distància d'accés al massís muntanyós des del nou aeroport és 50km més curta que des de l'aeroport internacional, escurçant el trajecte de 200km a 150km.*

*El projecte consisteix en la construcció d'un complex aeroportuari en una zona d'actual ús agrícola de secà. Les instal·lacions compten amb una pista d'enlairament de 2.500m de longitud, una torre de control, una àrea d'estacionament d'aeronaus amb capacitat per a 3 avions, una àrea terminal, una àrea de serveis tècnics, un edifici d'aparcament amb 250 places i accessos viaris de connexió amb la xarxa bàsica de carreteres. L'entrada en servei s'efectua el 2010.*

### ***Aplicació de la informació de l'alternativa 1 als indicadors definits pel MASIT***

- Cost d'inversió: 120 milions d'€
- Cost de manteniment: 2 milions d'€/any
- Cost de gestió: 1 milions d'€/any
- Cost d'operació dels vehicles: el nou projecte representa un estalvi en termes de cost d'operació dels vehicles. 1, element booleà
- Cost de reintegració: 120 milions d'€
- Capacitat d'autofinançament: Infraestructura deficitària amb càrreg als pressupostos. 1 escala de valor.
- Mecanismes de finançament: FP\_B Inversió indirecte, transferències de capital. 1 valor.
- Capacitat operativa: 0,3 Coeficient de capacitat.
- Ocupació dels vehicles: 0,65 Coeficient d'ocupació
- Congestió: no s'experimenta congestió. 1 escala de valor
- Estalvi del temps de viatge: 0,2 coeficient d'estalvi de temps
- Velocitat comercial: 0,8 Coeficient de velocitat comercial
- Temps d'embarcament: 0,7 coeficient temps d'embarcament
- Confort i fiabilitat: bastant confortable i bastant fiable. 3 escala de valor.
- Contaminació acústica: no es consideren afeccions. 0 Puntuació Van den Berg
- Sinistralitat: es redueix poc el risc d'accidentalitat. 1 escala de valor
- Vibracions: els efectes negatius de les vibracions es poden menysprear. 1 escala de valor
- Conflictivitat i rebuig local: no existeix rebuig per la comunitat local, 1 element booleà.
- Repercussió sobre el mercat laboral: existeix una alta capacitat per generar nous llocs de treball. 3 escala de valor.
- Atracció d'empreses: atracció molt alta de noves empreses. 4 escala de valor.
- Millora de la competitivitat empresarial: es millora molt poc la competitivitat

- empresarial. 1 escala de valor
- Distribució de rendes: es produeix una distribució de rendes entesa com a externalitat. 0 element booleà.
  - Repercussió sobre el sector construcció: repercussió baixa sobre el sector construcció, 2 escala de valor.
  - Equitat i cohesió social: repercuteix molt poc en l'equitat i cohesió social, 1 escala de valor.
  - Efecte sobre la qualitat de vida: incideix molt poc en la millora de la qualitat de vida. 1 escala de valor.
  - Creixement de la població: els augments demogràfics induïts per la nova infraestructura podrien necessitar accions en el territori. 2 valor.
  - Estructura de la xarxa intermodal: molt baixa incidència en la intermodalitat, 1 valor
  - Ordenació polític territorial: l'ordenament territorial que en resulta del projecte de transport respon a un planejament establert. 1 element booleà.
  - Ontogènesi territorial: l'oferta de mobilitat està gens equilibrada amb la demanda. 1 escala de valor.
  - Contaminació atmosfèrica: no s'experimenta un estalvi en contaminació atmosfèrica. 1 element booleà.
  - Contaminació del sòl: existeix poca contaminació en el sòl. 2 escala de valor.
  - Contaminació d'aigües: no existeix contaminació d'aigües. 1 escala de valor.
  - Afecció sobre el patrimoni natural/cultural: afecta bastant sobre el patrimoni natural/cultural. 3 escala de valor.
  - Inserció estètica: existeix bastant dificultat per inserir-lo estèticament en l'entorn. 3 escala de valor.
  - Gestió recursos i residus: la gestió dels recursos i residus es realitza amb bastant facilitat. 3 escala de valor
  - Integració de l'estructura residual: l'estructura residual s'integra amb facilitat en el medi. 3 escala de valor.

### 3.5.2. Alternativa 2: Millora d'una línia de ferrocarril convencional

*Es vol realitzar una inversió en una línia ferroviària convencional per tal de condicionar-la de forma que permeti el pas de combois en velocitats màximes de 200km/h. La línia discorre entre dues ciutats entre les quals diàriament hi ha un elevat nombre de viatgers pendulars. Actualment, només hi ha una línia ferroviària convencional de trens regionals que circulen entorn a 120km/h i que realitzen una desena de parades, i l'autopista. Amb la implantació de serveis exprés de major velocitat i amb menys parades es pretén augmentar la competitivitat del ferrocarril en aquest itinerari.*

*El projecte requereix la substitució d'algunes seccions de via allà on el traçat de l'antiga línia és deficient, i l'augment del radi d'alguna corba. La distància del trajecte es redueix en 10km després del condicionament, i s'estableixen serveis directes entre les dues ciutats que fan una sola parada intermèdia. Tot i les millores practicades, la línia es pot continuar considerant com a línia convencional. La línia continuarà acollint serveis regionals amb parades a totes les estacions, però l'oferta d'aquests serveis serà redimensionada tenint en compte la seva nova demanda resultant.*

#### **Aplicació de la informació de l'alternativa 2 als indicadors definits pel MASIT**

- Cost d'inversió: 240,5 milions d'€
- Cost de manteniment: 4,2 milions d'€/any
- Cost de gestió: 1 milions d'€/any
- Cost d'operació dels vehicles: el nou projecte no representa un estalvi en termes de cost d'operació dels vehicles. 1 element booleà
- Cost de reintegració: 240,5 milions d'€
- Capacitat d'autofinançament: Infraestructura parcialment deficitària i amb capacitat parcial d'autofinançament. 2 escala de valor.
- Mecanismes de finançament: FP\_B Inversió indirecte, transferències de capital. 1 valor.
- Capacitat operativa: 0,75 Coeficient de capacitat.
- Ocupació dels vehicles: 0,75 Coeficient d'ocupació
- Congestió: no s'experimenta congestió. 1 escala de valor
- Estalvi del temps de viatge: 0,4 coeficient d'estalvi de temps
- Velocitat comercial: 0,6 Coeficient de velocitat comercial
- Temps d'embarcament: 0,6 coeficient temps d'embarcament
- Confort i fiabilitat: poc confortable i poc fiable. 2 escala de valor.
- Contaminació acústica: no es consideren afeccions. 0 Puntuació Van den Berg
- Sinistralitat: es redueix bastant el risc d'accidentalitat. 3 escala de valor.
- Vibracions: els efectes negatius de les vibracions es poden menysprear, 1 escala de valor



- Conflictivitat i rebuig local: el nou projecte no és rebutjat per la comunitat local, 1 element booleà.
- Repercussió sobre el mercat laboral: existeix bastant capacitat per generar nous llocs de treball. 3 escala de valor.
- Atracció d'empreses: atracció baixa de noves empreses. 2 escala de valor.
- Millora de la competitivitat empresarial: es millora bastant la competitivitat empresarial. 3 escala de valor
- Distribució de rendes: no es produeix una distribució de rendes entesa com a externalitat. 1 element booleà.
- Repercussió sobre el sector construcció: repercussió molt alta sobre el sector construcció, 4 escala de valor.
- Equitat i cohesió social: repercuteix molt en l'equitat i cohesió social, 4 escala de valor.
- Efecte sobre la qualitat de vida: incideix bastant en la millora de la qualitat de vida. 3 escala de valor.
- Creixement de la població: els augments demogràfics induïts per la nova infraestructura no necessiten cap acció en el territori. 3 valor.
- Estructura de la xarxa intermodal: bastant incidència en la intermodalitat, 3 valor.
- Ordenació polític territorial: l'ordenament territorial que en resulta del projecte de transport respon a un planejament establert. 1 element booleà.
- Ontogènesi territorial: l'oferta de mobilitat està bastant equilibrada amb la demanda. 3 escala de valor.
- Contaminació atmosfèrica: s'experimenta un estalvi en contaminació atmosfèrica. 0 element booleà.
- Contaminació del sòl: existeix poca contaminació en el sòl. 2 escala de valor.
- Contaminació d'aigües: no existeix contaminació d'aigües. 1 escala de valor.
- Afecció sobre el patrimoni natural/cultural: no afecta sobre el patrimoni natural/cultural. 1 escala de valor.
- Inserció estètica: no existeix cap problema d'incompabilitat paisatgística per inserció estètica. 1 escala de valor.
- Gestió recursos i residus: la gestió dels recursos i residus es realitza amb molta facilitat. 4 escala de valor

- Integració de l'estructura residual: l'estructura residual s'integra amb facilitat en el medi. 3 escala de valor.

### 3.5.3. Alternativa 3: Construcció d'una nova autopista metropolitana

*L'autovia circumval·lar AC-4 és un antic projecte de via perimetral destinat a facilitar les relacions entre les ciutats mitjanes de la segona corona metropolitana d'una gran ciutat europea, i a descongestionar les xarxes local i comarcal de carreteres.*

*El projecte s'inscriu en un àmbit metropolità d'uns 4'5 milions d'habitants, en un territori que es compon d'àrees urbanes densament poblades, entorns periurbans amb molta indústria i algunes zones caracteritzades encara per una certa activitat agrícola.*

*Setmanalment es donen més de 100 milions de desplaçaments amb origen o destí en algun punt de la regió metropolitana, dels quals el 80% es fan entre dilluns i divendres. Això representa uns 17 milions de viatges cada dia feiner.*

*La xarxa bàsica de carreteres de la regió metropolitana és relativament densa, però té característiques tècniques molt heterogènies (inclosos trams d'autovia amb accés a confrontants, carreteres desdoblades amb interseccions a nivell, carreteres totalment urbanitzades, travesseres urbanes amb intensitats de trànsit molt elevades...). Anualment, s'hi produeixen un nombre important d'accidents. La xarxa viària local està fent funcions de vialitat que, per la seva intensitat de trànsit, haurien d'ésser ateses per vies d'ordre superior, i no permet donar cabuda a usos compartits amb vianants i ciclistes, o donar prioritat al transport públic en accessos a grans nuclis de població per a augmentar la velocitat comercial dels serveis d'autobús.*

*El projecte contempla la construcció d'una nova via preferent de 2 calçades, amb 3 carrils per sentit de circulació, i de 50km de longitud. L'impacte d'aquesta nova via tindrà grans repercussions sobre la mobilitat interna de la regió metropolitana, afectant els tràfics que tenen lloc avui sobre la totalitat de la xarxa de carreteres locals, comarcals i bàsiques.*

#### **Aplicació de la informació de l'alternativa 3 als indicadors definits pel MASIT**

- Cost d'inversió: 768 milions d'€
- Cost de manteniment: 9,7 milions d'€/any
- Cost de gestió: 1 milions d'€/any
- Cost d'operació dels vehicles: el nou projecte no representa un estalvi en termes de cost d'operació dels vehicles. 0, element booleà
- Cost de reintegració: 768 milions d'€
- Capacitat d'autofinançament: té capacitat de finançament amb la seva explotació. 3 escala de valor.
- Mecanismes de finançament: FE\_A Concessió d'obra pública. 3 valor.
- Capacitat operativa: 0,75 Coeficient de capacitat.

- Ocupació dels vehicles: 0,3 Coeficient d'ocupació
- Congestió: s'experimenta poca congestió. 2 escala de valor
- Estalvi del temps de viatge: 0,7 coeficient d'estalvi de temps
- Velocitat comercial: 0,7 Coeficient de velocitat comercial
- Temps d'embarcament: 0 coeficient temps d'embarcament
- Confort i fiabilitat: bastant confortable i bastant fiable. 3 escala de valor.
- Contaminació acústica: no es consideren afeccions. 0 Puntuació Van den Berg
- Sinistralitat: es redueix molt el risc d'accidentalitat. 4 escala de valor.
- Vibracions: els efectes negatius de les vibracions es poden menysprear. 1 escala de valor.
- Conflictivitat i rebuig local: existeix rebuig per la comunitat local, 0 element booleà.
- Repercussió sobre el mercat laboral: existeix una molt alta capacitat per generar nous llocs de treball. 3 escala de valor.
- Atracció d'empreses: bastant atracció de noves empreses. 3 escala de valor.
- Millora de la competitivitat empresarial: es millora molt la competitivitat empresarial. 4 escala de valor
- Distribució de rendes: no es produeix una distribució de rendes entesa com a externalitat. 1 element booleà.
- Repercussió sobre el sector construcció: repercussió alta sobre el sector construcció, 3 escala de valor.
- Equitat i cohesió social: repercuteix bastant en l'equitat i cohesió social, 3 escala de valor.
- Efecte sobre la qualitat de vida: incideix bastant en la millora de la qualitat de vida. 3 escala de valor.
- Creixement de la població: els augments demogràfics induïts per la nova infraestructura no necessiten accions en el territori. 3 valor.
- Estructura de la xarxa intermodal: bastant incidència en la intermodalitat, 3 valor.
- Ordenació polític territorial: l'ordenament territorial que en resulta del projecte de transport respon a un planejament establert. 1 element booleà.
- Ontogènesi territorial: l'oferta de mobilitat està molt equilibrada amb la

demanda. 4 escala de valor.

- Contaminació atmosfèrica: no s'experimenta un estalvi en contaminació atmosfèrica. 1 element booleà.
- Contaminació del sòl: existeix poca contaminació en el sòl. 2 escala de valor.
- Contaminació d'aigües: no existeix contaminació d'aigües. 1 escala de valor.
- Afecció sobre el patrimoni natural/cultural: afecta bastant sobre el patrimoni natural/cultural. 3 escala de valor.
- Inserció estètica: existeix molta dificultat per inserir-lo estèticament en l'entorn. 4 escala de valor.
- Gestió recursos i residus: la gestió dels recursos i residus es realitza amb bastant facilitat. 3 escala de valor
- Integració de l'estructura residual: l'estructura residual s'integra amb facilitat en el medi. 3 escala de valor.

### 3.6. Valoració de les alternatives

La valoració de les alternatives consisteix en obtenir l'índex de valor de cada alternativa. L'obtenció de l'índex de valor és la relativa a l'explicada en el capítol de l'estat de l'art en l'apartat de l'eina MIVES. Es pot considerar un índex de valor per cada requeriment, criteri i indicador de cada alternativa o bé un índex de valor total de l'alternativa estudiada com a agregació respectiva entre indicadors, criteris o requeriments.

Cal remarcar que l'índex de valor no respon en aquest cas a la valoració de cap projecte real sinó a exemples ficticis, i per tant no s'ha de considerar el resultat final en sí sinó el procés d'avaluació.

#### 3.6.1. Resultats segons la ponderació A

En aquest apartat es mostra l'índex de valor obtingut segons la ponderació del conseller de Territori i sostenibilitat, l'Hble. Sr. Lluís Recoder i Miralles. L'alternativa 1, construcció d'un aeroport regional, obté un índex de valor de 0,44. L'alternativa 2, millora d'una línia ferroviària convencional, rep un índex de valor de 0,71. L'alternativa 3, construcció d'una autopista metropolitana, rep un índex de valor de 0,67.

Els resultats mostren que l'alternativa més satisfactòria és la millora de la línia ferroviària sota la citada ponderació de l'arbre de requeriments i prenent els indicadors com a definitoris del projecte. En l'estudi de casos reals el projecte defineix als indicadors i no al revés com s'ha efectuat en aquest cas al tractar-se d'un projecte hipotètic.

#### *Requeriments*

En la Figura 12 es mostra l'índex de valor segons els diferents requeriments. L'alternativa que aporta major valoració en el requeriment econòmic és l'alternativa 3, l'alternativa que aporta major valoració en el requeriment funcional és l'alternativa 3, l'alternativa que aporta major valoració en el requeriment social i territorial és l'alternativa 3 i l'alternativa que aporta major valoració en el requeriment

mediambiental és l'alternativa 2. Tant l'alternativa 2 com la 3 tenen valoracions molt semblants, sent el requeriment mediambiental el que assigna la major diferència.

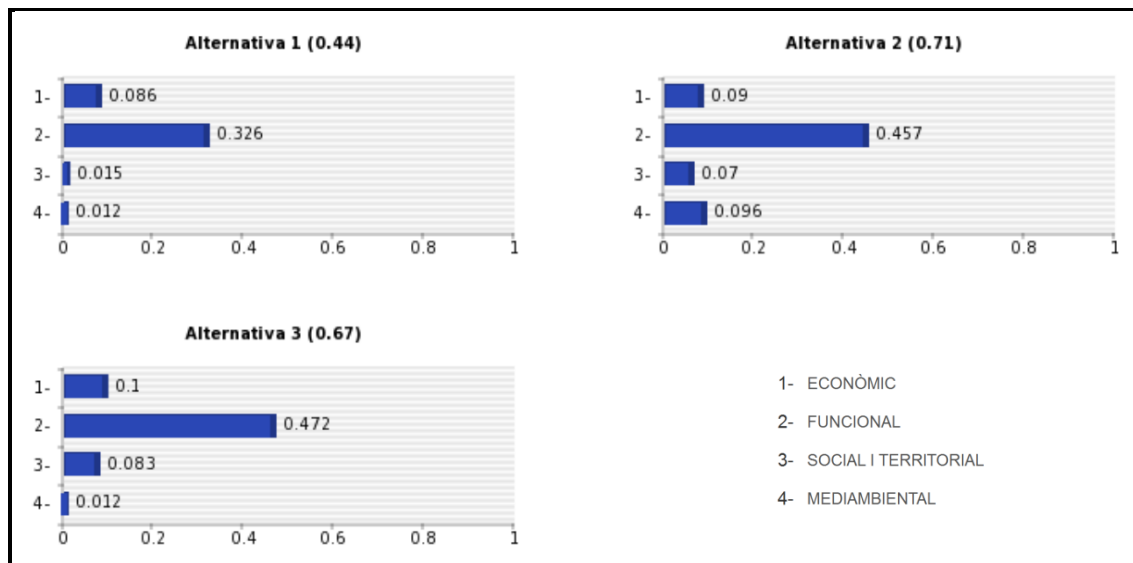


Figura 12 Índex de valor dels indicadors segons ponderació A

### *Criteris*

En la figura 13 es mostra l'índex de valor segons els diferents criteris. En totes les alternatives el criteri més valorat és el d'eficiència ja que en la ponderació aquest rebia un alt percentatge.

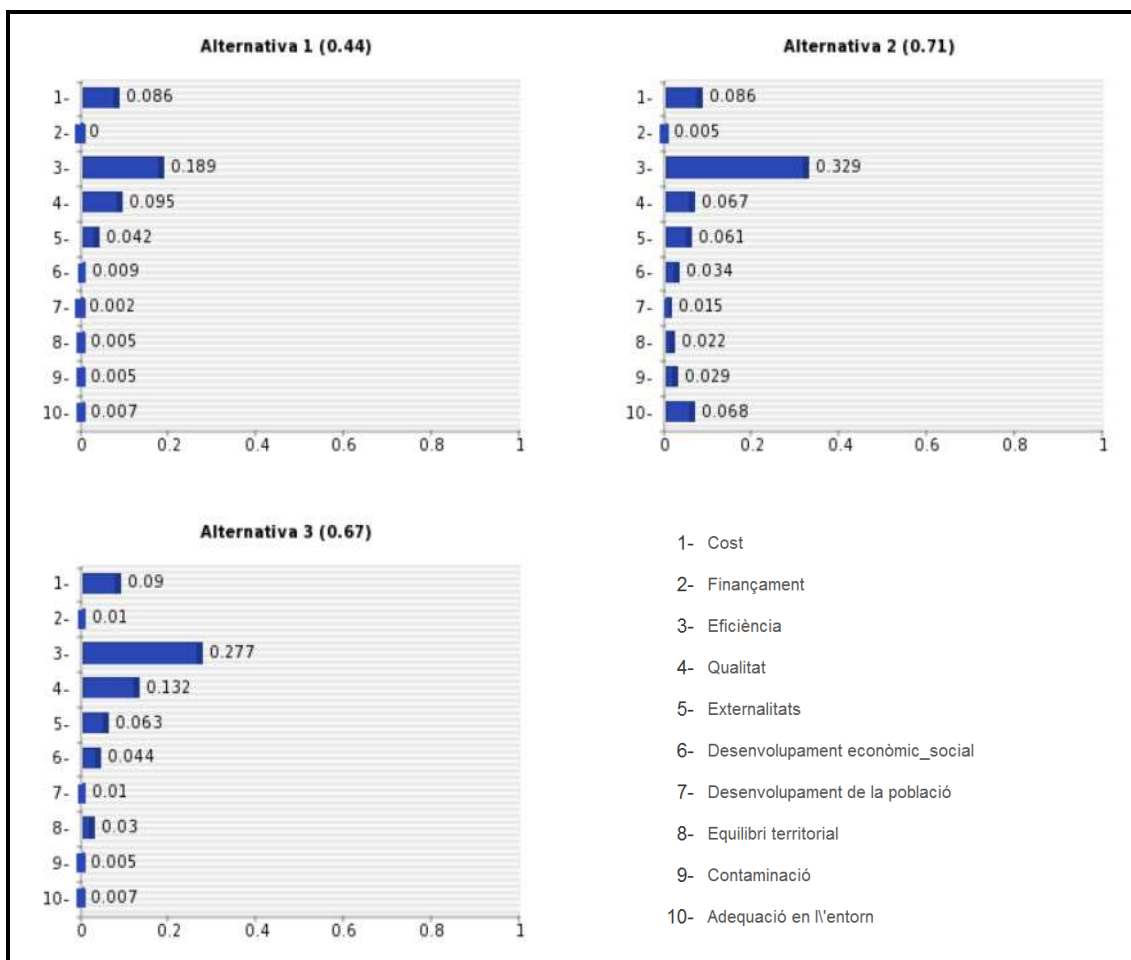


Figura 13 Índex de valor dels criteris segons ponderació A

## Indicadors

Es mostra l'índex de valor segons els diferents indicadors.

Índex de valor	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cost d'inversió	0,068	0,068	0,068
Cost de manteniment	0,009	0,009	0,009
Cost de gestió	0,005	0,005	0,005
Cost d'operació dels vehicles	0	0	0,005
Cost de reintegració	0,005	0,005	0,005
Autofinançament	0	0,005	0,009
Mecanismes de finançament	0	0	0,001
Capacitat operativa	0,091	0,223	0,223
Ocupació dels vehicles	0,056	0,064	0,026
Congestió	0,042	0,042	0,028
Estalvi del temps de viatge	0,002	0,011	0,04
Velocitat comercial	0,02	0,007	0,015
Temps d'embarcament	0,017	0,021	0,021

Confort i fiabilitat	0,056	0,028	0,056
Contaminació acústica	0,028	0,028	0,028
Sinistralitat	0	0,019	0,028
Vibracions	0,007	0,007	0,007
Conflictivitat i rebuig local	0,007	0,007	0
Repercussió sobre el mercat laboral	0,002	0,002	0,002
Atracció d'empreses	0,005	0,002	0,003
Millora de la competitivitat empresarial	0	0,02	0,03
Distribució de rendes	0	0,005	0,005
Repercussió sobre sector construcció	0,002	0,005	0,003
Equitat i cohesió social	0	0,008	0,003
Efecte sobre la qualitat de vida	0	0,003	0,003
Creixement de la població	0,002	0,004	0,004
Estructura de la xarxa intermodal	0	0,001	0,001
Ordenació polític territorial	0,005	0,005	0,005
Ontogènesi territorial	0	0,016	0,024
Contaminació atmosfèrica	0	0,024	0
Contaminació del sòl	0,002	0,002	0,002
Contaminació d'aigües	0,003	0,003	0,003
Afecció sobre el patrimoni natural_cultural	0,005	0,06	0,005
Inserció estètica	0	0,004	0
Gestió de recursos i residus	0,001	0,004	0,001
Integració de l'estructura residual	0,001	0,001	0,001

Figura 14 Índex de valor dels indicadors segons ponderació A

### 3.6.2. Resultats segons la ponderació B

En aquest apartat es mostra l'índex de valor obtingut segons la ponderació de l'ex-conseller de Mediambient i Habitatge, l'Hble. Sr. Salvador Milà i Solsona. L'alternativa 1, construcció d'un aeroport regional, obté un índex de valor de 0,39. L'alternativa 2, millora d'una línia ferroviària convencional, rep un índex de valor de 0,70. L'alternativa 3, construcció d'una autopista metropolitana, rep un índex de valor de 0,68.

Els resultats mostren que l'alternativa més satisfactòria és la millora de la línia ferroviària sota la citada ponderació de l'arbre de requeriments i prenent els indicadors com a definitoris del projecte. En l'estudi de casos reals el projecte defineix als indicadors i no al revés com s'ha efectuat en aquest cas al tractar-se d'un projecte hipotètic.



### Requeriments

Es mostra l'índex de valor segons els diferents requeriments. L'alternativa que aporta major valoració en el requeriment econòmic és l'alternativa 3, l'alternativa que aporta major valoració en el requeriment funcional és l'alternativa 3, l'alternativa que aporta major valoració en el requeriment social i territorial és l'alternativa 3 i l'alternativa que aporta major valoració en el requeriment mediambiental és l'alternativa 2. Tant l'alternativa 2 com la 3 tenen valoracions molt semblants, sent el requeriment mediambiental el que assigna una major diferència.

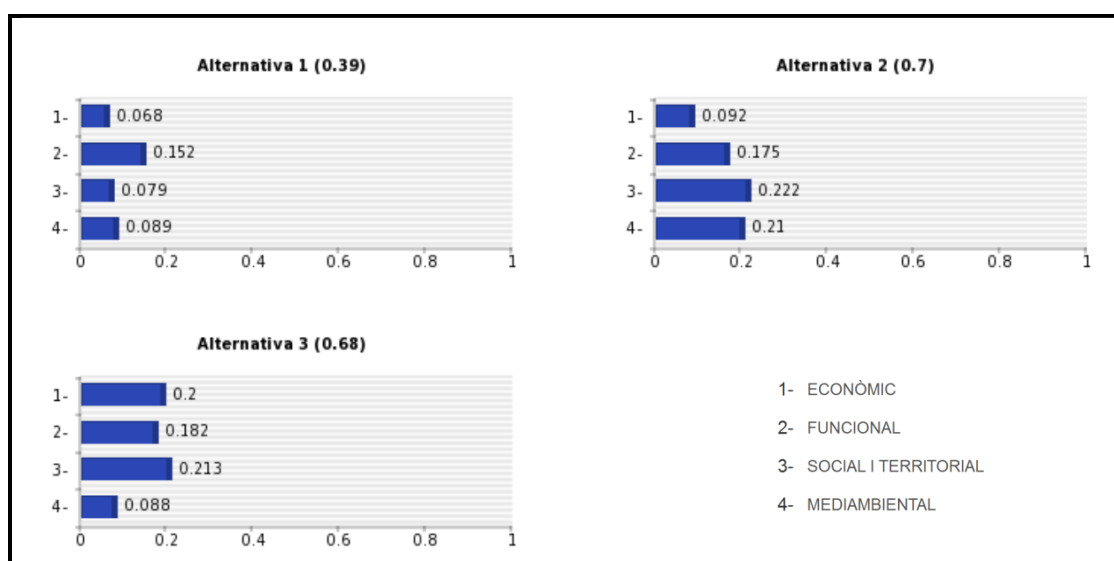
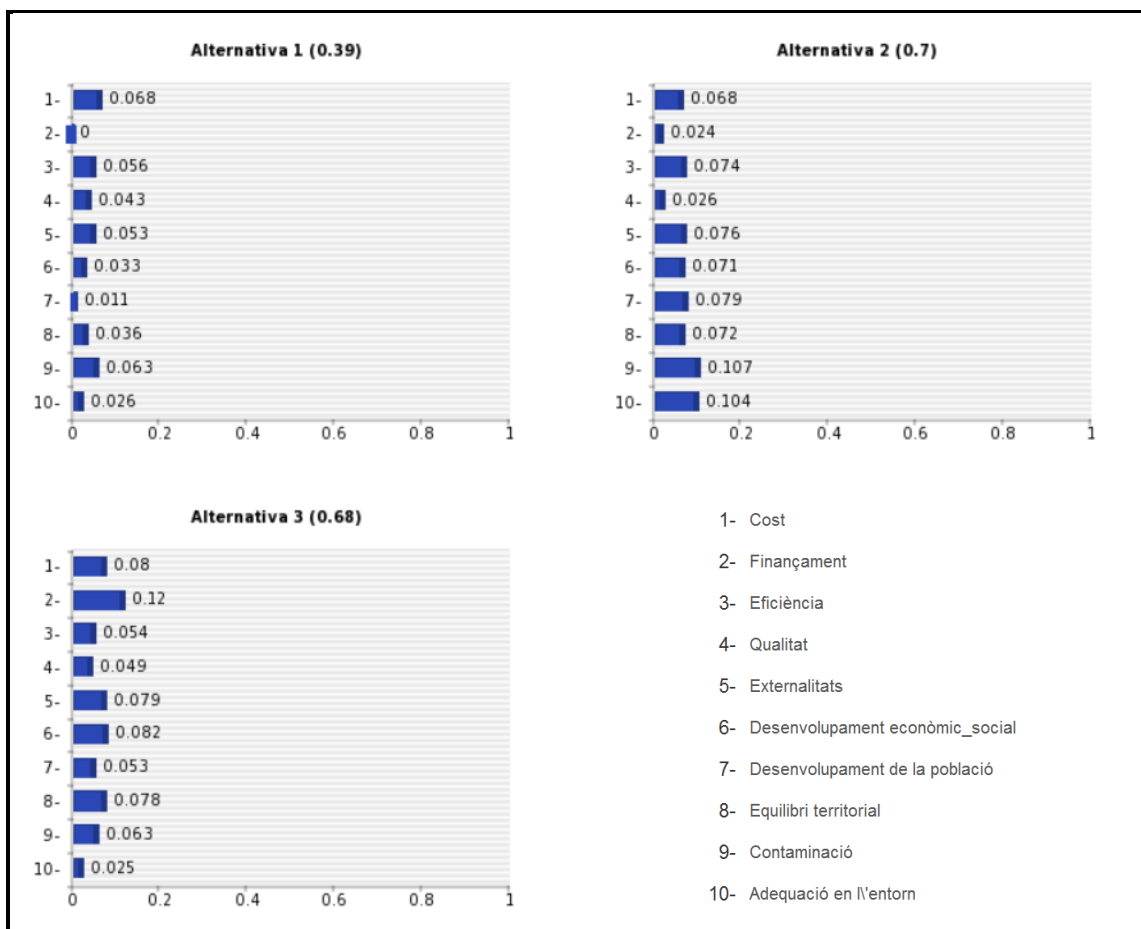


Figura 14 Índex de valor dels requeriments segons ponderació B

### Criteris

Es mostra l'índex de valor segons els diferents criteris. El criteri més valorat en l'alternativa 1 és el cost, en l'alternativa 2 és el criteri contaminació i en l'alternativa 3 és el criteri finançament.



Índex de valor dels criteris segons ponderació B

## Indicadors

Es mostra l'índex de valor segons els diferents indicadors.

Índex de valor	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cost d'inversió	0,024	0,024	0,024
Cost de manteniment	0,024	0,024	0,024
Cost de gestió	0,012	0,012	0,012
Cost d'operació dels vehicles	0	0	0,012
Cost de reintegració	0,008	0,008	0,008
Autofinançament	0	0,024	0,048
Mecanismes de finançament	0	0	0,072
Capacitat operativa	0,011	0,027	0,027
Ocupació dels vehicles	0,014	0,017	0,007
Congestió	0,031	0,031	0,02
Estalvi del temps de viatge	0,001	0,003	0,011

Velocitat comercial	0,022	0,008	0,016
Temps d'embarcament	0,006	0,007	0,008
Confort i fiabilitat	0,015	0,008	0,015
Contaminació acústica	0,018	0,018	0,018
Sinistralitat	0	0,023	0,035
Vibracions	0,026	0,026	0,026
Conflictivitat i rebuig local	0,009	0,009	0
Repercussió sobre el mercat laboral	0,008	0,008	0,008
Atracció d'empreses	0,021	0,007	0,014
Millora de la competitivitat empresarial	0	0,014	0,021
Distribució de rendes	0	0,032	0,032
Repercussió sobre sector construcció	0,004	0,011	0,007
Equitat i cohesió social	0	0,042	0,016
Efecte sobre la qualitat de vida	0	0,016	0,016
Creixement de la població	0,011	0,021	0,021
Estructura de la xarxa intermodal	0	0,024	0,024
Ordenació polític territorial	0,036	0,036	0,036
Ontogènesi territorial	0	0,012	0,018
Contaminació atmosfèrica	0	0,044	0
Contaminació del sòl	0,019	0,019	0,019
Contaminació d'aigües	0,044	0,044	0,044
Afecció sobre el patrimoni natural_cultural	0,003	0,038	0,003
Inserció estètica	0,002	0,019	0
Gestió de recursos i residus	0,012	0,038	0,012
Integració de l'estructura residual	0,01	0,01	0,01

Índex de valor dels indicadors segons la ponderació B

## **4. Conclusions i recomanacions**

Es conclou que l'aplicació de la metodologia MIVES en l'avaluació de projectes de transport és una eina útil pel suport de la presa de decisió en tant en quant permet formar una valoració de cada alternativa. La metodologia per estructurar la decisió resulta encertada i juntament amb el treball per reunir altres elements avaluadors tractats en la literatura, permet acotar l'anàlisi del projecte des de tots els àmbits d'estudi. A més a més, la ponderació per part dels elements avaluadors resulta un exercici molt satisfactori ja que mostra al decisor de forma ordenada tots els elements a valorar i a la vegada recull una valoració transparent per la presa de decisió. Per tot això, el model per l'avaluació sostenible d'infraestructures de transport, MASIT, és recomanable com a eina d'avaluació i suport a la decisió per realitzar inversions en projectes de transport.

D'altra banda, cal destacar alguns aspectes negatius com pot ser la manca de consistència del model envers a anàlisis més rigoroses com és l'anàlisi cost-benefici. Malgrat l'existència d'indicadors quantificables segons la literatura d'avaluació, els no mesurables poden restar rigorositat a l'estudi pel sol fet de no estar consensuats. No per això s'han de deixar de tenir en compte ja que no tan sols el que és mesurable és considerat pel decisor, de fet l'última valoració irracional sol ser la que condueix a la presa de decisió. Que un indicador no es pugui mesurar no vol dir que no es pugui avaluar, certament avaluar és molt més difícil que mesurar. Per aquest motiu es valora molt positivament la feina d'integrar indicadors quantificables en forma de variables amb d'altres en forma d'atributs per obtenir els resultats, encara que a primer cop d'ull pugui restar rigorositat al treball.

El model proposat pot ser millorable entre d'altres en els següents punts:

- S'han pres massa indicadors, diluint la importància dels indicadors realment significatius enfront d'altres. Per futures revisions es recomana aglutinar els indicadors relatius al *criteri cost* i *criteri contaminació* en menys indicadors ja que és en aquests criteris on existeix major inconsistència.
- És recomanable prendre la ponderació de l'arbre de presa de decisió segons una metodologia jerarquitzada, com per exemple el *procés analític jerarquitzat*, Saaty (1970) *Analytic Hierarchy Process*, que compara dos a dos els elements a ponderar. El mètode de ponderació directe és un mètode senzill que pot no jerarquitzar els elements a

ponderar, si bé és cert que per entrevistes amb curt temps de duració i per a decisors no familiaritzats amb mètodes singulars, la ponderació directe és el més adequat.

- Cal reconsiderar els límits de les funcions de valor en alguns indicadors. En els resultats es pot apreciar que la majoria d'indicadors relatius al criteri cost no discriminen entre alternatives. Això es deu per l'assignació d'un rang de valor massa gran, ja que els valors de la variable de l'indicador sempre reben valors petits i conseqüentment per la forma de la funció de valor tots ells reben alts índex de valor. Aquest defecte és a la vegada una virtut del model ja que s'entén una crítica: l'estimació dels recursos monetaris destinat a projectes de transport pel període considerat en el PEIT era totalment desorbitat. Aquest rang només discriminaria macroprojectes enfront als habituals. Una bona recomanació per establir el rang en abscisses és prendre els valors de normatives si escau o realitzar diverses probes per tal d'estimar el rang d'abscisses òptim.

En futures ampliacions del model seria molt interessant realitzar una anàlisi de sensibilitat, en certa manera ja s'ha realitzat en el treball al considerar dues ponderacions i veure com varia l'índex de valor. També es pot realitzar una anàlisi de sensibilitat respecte al rang en abscisses de les variables dels indicadors tal com s'ha mencionat en el darrer punt. Fóra interessant ampliar la població de persones a ponderar l'arbre de decisió per tal de tenir una mostra representativa i poder recollir una ponderació consensuada. Des d'aquest treball no només s'ha comptat amb les ponderacions del conseller Recoder i l'ex-conseller Milà, per contra no s'han inclòs en l'estudi ja que s'ha cregut convenient que en absència d'una gran mostra, només es valorin les ponderacions d'aquelles persones amb càrrecs de decisió.

Tanmateix des d'aquest treball s'anima a la comunitat MIVES a seguir treballant en el desenvolupament de l'aplicatiu informàtic per tal de facilitar al programador la tasca de modelització d'una avaluació en l'àmbit tractat.

## 5. Bibliografia referenciada

- Centro de Estudios y Experimentación de obras públicas CEDEX (2010), *Evaluación económica de proyectos de transporte*.
- Col·legi d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Catalunya (2010), *Guia per l'avaluació de projectes de transport*.
- Comissió Europea (2006), *HEATCO Proposal for Harmonised Guidelines*.
- Francesc Robusté (1987), *Selección de alternativas de transporte con el proceso analítico de jerarquización: pros y contras*.
- Josa, A. et al (2006), *La medida de la sostenibilidad en edificación industrial*.
- Manga (2005), *Nueva metodología para la toma de decisión en la gestión de la contratación de proyectos constructivos. Tesis Doctoral ESTCCPB-UPC, 2005*.
- Manual Mives (2009), *Modelo Integrado de valor para evaluaciones sostenibles*.
- Ministerio de Fomento (2005), *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020, PEIT*.
- [www.evaluaciondeproyectos.es](http://www.evaluaciondeproyectos.es)

## Altres referències

Comissió Europea (2003), *Guide to Cost-Benefit Analysis of investments projects*, Unió Europea.

Comissió Europea (2006), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)*, Unió Europea.

Banco Interamericano de Desarrollo (2006), *Evaluación económica de proyectos de transporte*.

Office of Management and Budget (1992), *Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs*, Estats Units d'Amèrica.

Bureau of Transport Economics (1999), *Facts and Figures in Benefit-Cost Analysis: Transport*, Austràlia.

Transport Canada (1994), *Guide to Benefit Cost Analysis in Transport*, Canadà.

Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer (2004), *Instruction cadre relative aux methodes d'évaluation économique des projets de transport*, França.

Department for Transport (2004), *Transport analysis guidance*, Regne Unit.

Banc Europeu d'inversions (2007), *Railway Project Appraisal Guidelines (RAILPAG)*, Unió Europea.

Strategic Rail Authority (2003), *A guide to the appraisal of support for passenger and freight rail services*, Regne Unit.

Group on Road Investment Evaluation (2000), *Guidelines for Road Investment Projects*, Japó.

Ministerio de fomento, Dirección General de Carreteras (2003), *REcomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio de estudios y proyectos de carretera*, Espanya.

Department for Transport (2003), *Economic Assessment of Road Schemes. The COBA manual*, Regne Unit.

Ministerio de Planificación y Cooperación (1997), *Manual para la cuantificación de externalidades de proyectos portuarios*, Chile

Puertos del Estado (1992), *Manual de evaluación de inversiones en puertos*, Espanya.

Ministerio de Planificación y Cooperación (1997), *Manual de Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Infraestructura Aeroportuaria*, Chile

Federal Aviation Authority (1999), *FAA Airport Benefit-Cost Analysis Guidance*, Estats Units d'Amèrica.



## Agraïments

La realització del present treball final de carrera no hagués estat possible sense la col·laboració desinteressada de molta gent. Concretament m'agradaria mencionar les següents persones:

Cal agrair l'ajuda de tota la comunitat educativa de la UPC, molt especialment al meu tutor, el Professor Àlvar Garola, per l'excel·lent direcció que ha exercit i la seva predisposició a facilitar-me sempre informació del seu camp d'estudi. Al Professor Alejandro Josa per introduir-me en la teoria de la presa de decisió i per estar sempre obert a qualsevol consulta referida a la metodologia o d'altres consideracions. Dedico també un sincer agraïment al Professor Francesc Robusté per valorar la tasca realitzada, mai abans una crítica s'havia convertit en una oportunitat.

També he de fer menció a certes personalitats polítiques ja que malgrat l'actual antipatia envers els nostres dirigents, aquests s'han mostrat totalment oberts davant de la petició de la seva col·laboració. Cal destacar l' Honorable Sr. Salvador Milà qui sense cap mena de vacil·lació m'obrí les portes del Parlament per rebre les seves valoracions del treball. Igualment cal agrair la col·laboració de l'Honorable Sr. Lluís Recoder per rebre'm en el seu despatx per tal de contribuir amb la seva consideració.

Finalment, i com no podia ser d'una altra manera, l'ànima d'aquest treball resideix en les persones més íntimes que han compartit cada moment al llarg d'aquests últims tres anys. La meua família, avis, pare, mare, germans i Elisabet, els qui la seva il·lusió és la força que ha fet possible aquest treball.

A tots ells, moltes gràcies.

